



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

ESCUELA DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental

**AMBIENTES DE APRENDIZAJE PARA EL DESARROLLO DE
HABILIDADES METACOGNITIVAS DURANTE LA RESOLUCIÓN
DE PROBLEMAS: ESTUDIO LONGITUDINAL EN ESTUDIANTES
DE LOS ÚLTIMOS SEMESTRES DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA
UDLAP**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requisitos para obtener el grado de Doctora en Educación de las Ciencias, Ingenierías y Tecnologías por:

ZAIRA RAMÍREZ APUD LÓPEZ

Director de Tesis:
Dr. Enrique Palou García

Sta. Catarina Mártir, Cholula, Puebla

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y Planteamiento del problema

1.2. Fundamentos teóricos

1.3. Contexto

1.4. Justificación

1.5. Propósito de la Investigación

1.5.1. Objetivo General

1.5.2. Objetivos Particulares

1.6. Alcances y Limitaciones

1.7. Estructura

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI

2.2. Modelo *Cómo Aprende la Gente*

2.2.1. Ambientes centrados en el que aprende

2.2.2. Ambientes centrados en el conocimiento

2.2.3. Ambientes centrados en la evaluación

2.2.4. Ambientes centrados en la comunidad

2.3. Ambientes de Aprendizaje

2.4. Aspectos cognitivos

2.4.1. Habilidades de Pensamiento

2.4.2. Revisión a la Taxonomía de Bloom

2.5. Metacognición

2.6. Resolución de problemas en Ingeniería

2.6.1. ¿Cómo varían los problemas?

2.6.1.1. Problemas con Historia (Story Problems)

2.6.1.2. Toma de Decisión (Decision Making)

**2.6.1.3. Solución de Problema y Diagnóstico del problema
(Troubleshooting and Diagnosis Problems)**

2.6.1.4. Diseño en la Solución de Problemas (Design Problem Solving)

2.7. Aspectos tecnológicos

2.7.1. Uso de la tecnología en Ingeniería

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la Investigación

3.2. Primera Etapa

3.2.1. Contexto

3.2.2. Procedimiento

3.3. Segunda Etapa

3.3.1. Contexto

3.3.2. Procedimiento

3.4. Tercera Etapa

3.4.1. Contexto

3.4.2. Procedimiento

3.5. Cuarta Etapa

3.5.1. Contexto

3.5.2. Procedimiento

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resolución de problemas

4.1.1. Primera etapa

4.1.2. Segunda etapa

4.1.3. Tercera etapa

4.1.4. Cuarta etapa

4.2. Habilidades Metacognitivas

4.2.1. Primera etapa

4.2.2. Segunda etapa

4.2.3. Tercera Etapa

4.2.4. Cuarta etapa

4.3. Uso de Tablet PC

4.3.1. Primera etapa

4.3.2. Segunda etapa

4.3.3. Tercera etapa

4.3.4. Cuarta etapa

5. AUTOBIOGRAFÍA

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

- ✓ **Anexo I. Tipos de problemas aplicados en la material de IQ-407**
- ✓ **Anexo II. Cuestionario aplicado a los estudiantes, para la Materia IQ407**
- ✓ **Anexo III. Cuestionario aplicado a los estudiantes, basado en el Inventario de Conciencia Metacognitiva para el curso IQ-408**
- ✓ **Anexo IV. Cuestionario para conocer la percepción de los estudiantes en el uso de la Tablet PC durante el curso IQ-408.**
- ✓ **Anexo V. Rúbrica para la evaluación del proceso en la solución de un problema de diseño a estudiantes de 9º semestre**
- ✓ **Anexo VI. Inventario de conciencia metacognitiva aplicada en pre y post prueba para los estudiantes de 7º y 9º semestre**
- ✓ **Anexo VII: Entrevista a profundidad realizada para los estudiantes de 9º. Semestre de la licenciatura de ingeniería química**
- ✓ **Anexo VIII. Encuesta aplicada a los estudiantes de 7º semestre durante la solución de problemas de un story problem**

- ✓ **Anexo IX: Encuesta aplicada a los estudiantes de 7º semestre durante la solución de un troubleshooting problem**
- ✓ **Anexo X: Encuesta aplicada a los estudiantes de 7º semestre durante la solución de un decision making**
- ✓ **Anexo XI. Revisión del proceso durante la resolución de un story problem**
- ✓ **Anexo XII. Revisión del proceso durante la resolución de un troubleshooting problem**
- ✓ **Anexo XIII. Clasificación de los reactivos MAI, respecto a los diferentes tipos de problemas**
- ✓ **Anexo XIV. Artículo publicado: Z. RAMIREZ APUD, N. RAMIREZ-CORONA, A. LÓPEZ-MALO, E. PALOU (2012). "Implementing Problem-solving Learning Environments in a Kinetics and Homogeneous Reactor Design Course". *Proceedings of the 2012 American Society for Engineering Education Annual Meeting*. San Antonio, TX, USA. (ISSN: 1524-4644)**
- ✓ **Anexo XV. Artículo publicado: N. RAMIREZ-CORONA, Z. RAMIREZ APUD, A. LÓPEZ-MALO, E. PALOU (2013). "Assessing Metacognitive Awareness during Problem-Solving in a Kinetics and Homogeneous Reactor Design Course". *Proceedings of the 2013 American Society for Engineering Education Annual Meeting*. Atlanta, GA, USA. (ISSN: 1524-4644)**

TABLA DE GRÁFICAS, IMÁGENES Y TABLAS

- **Figura 1. Elementos que componen el Marco para el desarrollo de Habilidades para el Siglo XXI**
- **Figura 2. Modelo de ¿Cómo aprende la gente?, propuesto por Bransford *et al*, 1998)**
- **Figura 3. Esquema comparativo de las taxonomías de Blomm y Anderson**
- **Figura 4. Tabla bidimensional propuesta por Anderson, 2001**
- **Figura 5. Habilidades involucradas en la Dimensión del Proceso Cognitivo**
- **Figura 6. Dimensión de los tipos de conocimientos propuesta por Anderson y cols (2001).**
- **Figura 7. Tipología propuesta por Jonassen para clasificar los diferentes tipos de problemas**
- **Imagen 1. Representación gráfica del modelo en el estudiante 1**
- **Imagen 2. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el estudiante 1**
- **Imagen 3. Planteamiento de diversos escenarios de solución del estudiante 1**
- **Imagen 4. Análisis y conclusiones del problema del estudiante 1**
- **Imagen 5. Representación gráfica del modelo en el estudiante 2**
- **Imagen 6. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el estudiante 2**
- **Imagen 7. Planteamiento de diversos escenarios de solución del estudiante 2**
- **Imagen 8. Análisis y conclusiones del problema del estudiante**
- **Imagen 9. Representación gráfica del modelo en el estudiante 3**

- Imagen 10. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el estudiante 2
- Imagen 11. Planteamiento de diversos escenarios de solución del estudiante 3
- Imagen 12. Análisis y conclusiones del problema del estudiante 3
- Imagen 13. Representación gráfica del modelo en el estudiante 3
- Imagen 14. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el estudiante 4
- Imagen 15. Planteamiento de diversos escenarios de solución del estudiante 4
- Imagen 16. Análisis y conclusiones del problema del estudiante 4
- Imagen 17. Representación gráfica del modelo en el Equipo 1
- Imagen 18. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el equipo 1
- Imagen 19. Planteamiento de diversos escenarios de solución del equipo 1
- Imagen 20. Análisis y conclusiones del problema del equipo 1
- Imagen 21. Representación gráfica del modelo en el Equipo 2
- Imagen 22. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el equipo 2
- Imagen 23. Planteamiento de diversos escenarios de solución del equipo 2
- Imagen 24. Representación gráfica del modelo en el Equipo 3
- Imagen 25. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el equipo 3
- Imagen 26. Planteamiento de diversos escenarios de solución del equipo 3
- Imagen 27. Representación gráfica del modelo en el Equipo 4
- Imagen 28. Planteamiento de diversos escenarios de solución del equipo 4
- Imagen 29. Análisis y conclusiones del problema del estudiante 4
- Tabla 1. Relación entre el proceso desarrollado por los estudiantes y las habilidades cognitivas propuestas.
- Tabla 2. Clasificación de los tipos de problemas según la tipología de Jonnasen (2011), respecto a las habilidades cognitivas descritas por Anderson *et al* (2001), y su relación con los reactivos del Inventario de Consciencia Metacognitiva propuesto por Schraw, G. & Dennison, R.S. (1994)
- Tabla 3. Rúbrica para la evaluación del proceso en la solución de los diferentes tipos de problemas
- Tabla 4. Resultados obtenidos para los problemas con historia (Story Problem)
- Tabla 5. Resultados obtenidos para la resolución de problemas (Troubleshooting Problem)
- Tabla 6. Resultados obtenidos para el problema de Toma de Decisión (Decision Making Problem)
- Tabla 7. Relación entre el proceso desarrollado por los equipos y las habilidades cognitivas propuestas.
- Tabla 8. Media y desviación estándar obtenidas de la pre y post prueba del MAI, durante la cuarta etapa
- Gráfica 1. Porcentaje de los rubros involucrados en la rúbrica para la solución de problemas, por alumno
- Gráfica2. Evaluación de las habilidades metacognitivas para el curso IQ-407
- Gráfico 3. Evaluación de las habilidades metacognitivas para el curso IQ-408
- Gráfica 4. Puntaje total obtenido en el Inventario de Consciencia Metacognitiva
- Gráfica 5. Resultados del Inventario de Consciencia Metacognitiva en estudiantes del 9° Semestre, reportados en porcentajes
- Gráfica 6. Pre-post prueba aplicada a los estudiantes de 7° semestre

RESUMEN

En la actualidad, se ha demostrado que los profesionistas del área de las ingenierías, son contratados, retenidos y remunerados por la capacidad que muestran en la resolución de problemas del área laboral (Jonassen *et al*, 2006)

Con base en lo anterior, el presente trabajo propone el desarrollo de Ambientes de Aprendizaje Basados en la Solución de Problemas, en estudiantes¹ de la Licenciatura en Ingeniería Química durante sus últimos tres semestres de la Carrera, aplicando los procesos de solución de problemas, monitoreo de habilidades metacognitivas y el uso de la Tablet PC, como apoyo para la solución de problemas

El proceso de Solución de Problemas, se realizó mediante el planteamiento de problemas disciplinarios teniendo como base la tipología propuesta por Jonassen (2011), los problemas que se aplicaron fueron los Problemas con Historia (Story problem), resolución de problemas (Toubleshooting problem), Toma de Decisión (Decisión Making) y Problemas de Diseño (Desing problema). A través de rubricas y videograbaciones de los procesos, se pudo analizar el proceso de solución que siguieron los estudiantes en los diferentes tipos de problemas.

Por otro lado y considerando que la Metacognición es un proceso particularmente difícil de medir,- por tratarse de un comportamiento que no es del todo explícito- (Akturk *et al*, 2011), el análisis de las habilidades metacognitivas se realizó con base en el Inventario de Consciencia Metacognitiva propuesto por Schraw y Dennison (1994), el cual permite analizar habilidades metacognitivas relacionadas tanto con el *Conocimiento Cognitivo*, como con la *Regulación de la Cognición*. Una pre y post prueba fueron aplicadas encontrando diferencias entre las medias reportadas.

Finalmente se debe tener en cuenta que el uso de las tecnologías en las economías avanzadas ha producido un cambio significativo en la forma como se trabaja (Binkley, *et al.*, 2010), por tal razón, para este estudio se proporcionó una Tablet PC a los estudiantes durante el proyecto, y de esta forma analizar el impacto que tiene el manejo de las tecnologías en su aprendizaje. La percepción de los alumnos al trabajar con la Tablet PC, se reporta en el apartado de resultados obtenidos.

Palabras Clave: Ambientes de Aprendizaje, Solución de problemas, Habilidades Metacognitivas y Uso de Tablet PC.

¹ Conviene recordar que en este documento cuando se habla de 'los estudiantes' se está considerando a los estudiantes y a las estudiantes. De la misma manera, cuando se habla de 'los profesores', 'los ingenieros', y 'los egresados' se está considerando a los y las profesore(a)s, ingeniero(a)s, y egresado(a)s.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y Planteamiento del problema

La práctica en la toma de decisiones, intercambio de información, trabajo en equipo y la innovación son clave en las empresas de hoy en día, por lo que se necesita desarrollar nuevas competencias, donde se sustituyan las competencias básicas y las expectativas de los conocimientos del pasado (Binkley, *et al.*, 2010), por nuevas competencias que respondan a las necesidades actuales.

Se considera que el papel de las tecnologías en las economías avanzadas ha producido un cambio significativo que va de la fabricación, a la información y servicios; haciendo énfasis en el conocimiento, el cual, es cada vez más especializado y donde las Tecnologías de la Información y la Comunicación están transformando la manera de cómo se trabaja, incluyendo el significado de las relaciones sociales (Binkley, *et al.*, 2010).

Con base en este desafío, el papel de las escuelas debe transformarse; de tal forma que permita a los estudiantes adquirir habilidades de pensamiento más sofisticadas, flexibilidad en la solución de problemas, habilidades de colaboración y comunicación, que necesitan para tener éxito en el trabajo y en la vida (Binkley, *et al.*, 2010).

La solución de problemas es una de las habilidades de mayor relevancia dentro del campo educativo –laboral y personal-, por lo que es reconocida como un objetivo cognitivo prioritario (Jonassen, 2011), considerando que:

- *Es la actividad de aprendizaje más auténtica y por lo tanto la más relevante en que los alumnos puedan participar*
- *El conocimiento que se construye dentro de un contexto en la resolución de problemas, es mejor comprendido, retenido y por lo tanto transferibles a otros contextos*
- *Requiere un aprendizaje intencional*
- *El tiempo asignado para el aprendizaje en todos los contextos es siempre limitado*

(Jonassen, 2011: Prefacio xviii)

Teniendo en cuenta que el aprendizaje es un proceso desarrollado en el individuo a lo largo de la vida; para que un estudiante pueda ser exitoso, es esencial la reflexión, la retroalimentación y la conciencia del propio conocimiento. Si no es consciente o entiende un proceso de estrategias de aprendizaje y estudio, se hace difícil tener el control de su aprendizaje (Gassner, 2009). A esta toma de conciencia se le conoce como metacognición - un término acuñado por John Flavell en 1970 - que es de gran importancia en el contexto educativo (Flavell, 1979).

Con base en lo anteriormente, el Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI, involucra muchos de los aspectos anteriormente mencionados, debido a que representa una visión holística del proceso de aprendizaje y enseñanza, donde se proponen una serie de componentes que se encuentran interrelacionados y tiene la finalidad de ayudar a los profesionistas a integrar las habilidades a través de asignaturas académicas que son clave en el currículo (Partnership for 21st Century Skills, 2009a).

En este contexto, la Universidad de las Américas Puebla, en su interés de contribuir con la constante mejora de los procesos de aprendizaje – enseñanza, en los estudiantes de Ingeniería, inició un proyecto teniendo como base el Marco de Aprendizaje del Siglo 21 (Partnership for 21st Century Skills, 2009a), así como las pautas de la investigación en el modelo *Cómo Aprende la Gente* (Bransford *et al.*, 2000), donde se pretende que los estudiantes de ingeniería tengan la capacidad de resolver problemas prácticos, así como proyectos en un contexto real, mientras desarrollan las habilidades del siglo XXI que propone el Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI (Palou, 2010).

Por lo anterior, se propone desarrollar ambientes de aprendizaje que ayuden a los estudiantes en la resolución de problemas de manera consciente y su impacto de aprendizaje con el uso de la Tablet PC. Durante este proyecto se realizó un seguimiento en estudiantes de 7° a 9° Semestre, respecto al desarrollo de habilidades para la resolución de

problemas, las habilidades metacognitivas antes, durante y después de la resolución de problemas, así como el uso de la Tablet PC durante este proceso.

1.2 Fundamentos teóricos

Se ha demostrado que en la práctica a los ingenieros se les contrata, retiene y recompensa por su habilidad en la resolución de problemas, es por esta razón que los estudiantes en ingeniería deben aprender a resolver este tipo de trabajo (Jonassen *et al.*, 2006). Para investigar cómo solucionan problemas los ingenieros, se tomó como referencia la clasificación de problemas que propone Jonassen (2011), donde se le plantea una serie de problemáticas que el estudiante va resolviendo y cuya complejidad está en función de los conocimientos que van adquiriendo conforme avanza en el curso.

Dentro de los tipos de problemas que se aplicaron en el transcurso de esta investigación, se encuentran

- a) **Problemas con historia** (*Story Problem*), son el tipo más frecuente de problemas con los que se enfrentan los estudiantes en la educación formal
- b) **Toma de decisión** (*Decision Making Problems*), es la forma más común de resolver problemas de la vida real.
- c) **Solución y Diagnóstico de problemas** (*Troubleshooting and Diagnosis Problem*), los cuales son un tipo de problema finito o un conjunto de problemas que están causando algún tipo de dificultad.
- d) **Problemas de Diseño** (*Desing Problems*), son el tipo de problemas más complejos y que se presentan poco estructurados

(Jonassen, 2011)

Se considera el hecho que diferentes tipos de problemas requieren diferentes habilidades cognitivas para solucionarlos (Jonassen, 2011: 239), parte de esta investigación se dedica a ver tanto el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas utilizadas durante la solución de problemas, teniendo como referencia, por un lado las habilidades cognitivas propuestas en la Nueva Revisión de la Taxonomía de Bloom (Anderson y Krathwoh, 2000), en conjunto con las habilidades metacognitivas del Inventario de Conciencia Metacognitiva propuesto por Schraw & Dennison en 1994.

Teniendo en cuenta que en las instituciones de educación superior en todo el mundo, los instructores de ingeniería están explorando nuevas formas para mejorar las experiencias de aprendizaje en el aula mediante el uso de Tablet PC, que permite realizar evaluaciones formativas en tiempo real (Kowalski *et al.* 2009), con lo se pueden detectar concepciones erróneas en los estudiantes, así como su avance en la materia.

Basado en principios fundamentados de la investigación educativa, se conoce que el recibir una retroalimentación en tiempo real, no sólo involucra activamente a los estudiantes en su aprendizaje, sino que también aumenta la metacognición del estudiante y proporciona una valiosa evaluación formativa en tiempo real para guiar al instructor. (Kowalski *et al.* 2009)

Durante esta investigación se retoman algunos de los aspectos relacionados con el desarrollo de habilidades cognitivas, el trabajo colaborativo, la evaluación formativa, así como el uso de la tecnología, a través de la Tablet PC para la resolución de problemas, que propone el Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI (Partnership for 21st Century Skills, 2009 a, b c). Este marco describe a los estudiantes las habilidades, los conocimientos y la experiencia que debe dominar para tener éxito en el trabajo y la vida, es una mezcla de conocimiento de los contenidos y habilidades específicas que requieren los estudiantes en el siglo XXI (Partnership for 21st Century Skills, 2009 a, b c),

Por otra parte, se analizar los resultados obtenidos con base en los lineamientos planteados en el Modelo de *Cómo Aprende la Gente*, propuesto por Bransford y cols, en el 2000, considerando el impacto de los ambientes de aprendizaje dentro de 4 dimensiones prioritarias en el modelo:

- Centrados en el que aprende
- Centrados en el conocimiento
- Centrados en la evaluación y
- Centrados en la comunidad

(Bransford *et al.*, 2000)

1.3 Contexto

Para llevar a cabo esta investigación se trabajó durante tres periodos escolares, Primavera 2012, Verano 2012 y Otoño 2012, con tres cursos consecutivos en el curriculum: “Cinética y Diseño de Reactores Homogéneos” (IQ-407) de 7° semestre, “Catálisis y Reactores Heterogéneos” (IQ-408) de 8° semestre y “Dinámica y Procesos de Control” (IQ-452) de 9° semestre, respectivamente, de los cuales se contó con un seguimiento durante los tres cursos. La matrícula de los cursos comenzó con cuatro estudiantes en el curso IQ-407 y se realizó el seguimiento de tres estudiantes en los cursos posteriores (IQ-408 e IQ-452).

Cada uno de los estudiantes fue provisto de una Tablet PC que pudieron utilizar a lo largo de los tres semestres, la cual no solo tenía la finalidad de utilizarla durante clase, sino permanecer con ella para las distintas asignaturas que tomaban.

Durante el periodo escolar de Otoño 2012 se comenzó nuevamente la investigación con estudiantes del curso de IQ-407, contando con una matrícula – en este caso-, de ocho estudiantes, a diferencia de que en esta ocasión la disposición de la Tablet PC era exclusivamente durante la clase y no fue posible el que permanecieran con ellas después del horario asignado.

Para elaborar los ambientes de aprendizaje, este estudio se basó por un lado, en el desarrollo de habilidades cognitivas derivadas de la solución de problemas, tomando como base la clasificación propuesta por Jonassen (2011), y las habilidades cognitivas propuestas por Anderson y Krathwol (2000) con la finalidad de observar si a mayor complejidad del problema se obtienen habilidades de nivel superior.

De la misma manera, se analizan las habilidades metacognitivas de los estudiantes por medio del Inventario de Conciencia Metacognitiva, el cual sirvió para tener un panorama de qué tan conscientes están los estudiantes de sus propios procesos de aprendizaje.

Finalmente se analiza el uso de la tecnología a través de las Tablet PC, las cuales nos permitió obtener información cualitativa, así como datos relevantes acerca de la evaluación formativa de los estudiantes.

1.4 Justificación

La solución de problemas es una de las habilidades que requieren los profesionistas de cualquier disciplina, en el caso de las ingenierías en particular, un ingeniero requiere tanto el conocimiento de los contenidos, como las habilidades para la solución de problemas que se le presente en contextos específicos, para funcionar efectivamente como un ingeniero profesional (Jonassen *et al.*, 2005).

Rich en 1960 (citado en Jonassen *et al.*, 2006), demostró que en Ingeniería, cuando se experimenta a solucionar el tipo de problemas que se conoce como Story problems o problemas con historia, - según la clasificación de Jonassen *et al.* (2011 b) -, el estudiante aprende a trasladar las variables desconocidas dentro de ecuaciones, para posteriormente resolver las ecuaciones para encontrar los valores desconocidos y verificar los valores encontrados para corroborar si estos satisfacen a la solución del problema (Jonassen *et al.*, 2011 b). Sin embargo, el mismo autor denomina a este proceso como lineal, debido a la solución del problema se desarrolla dentro de un procedimiento para ser memorizado, practicado y habituado, por lo tanto se convierte en un proceso que enfatiza la obtención de respuestas sobre la construcción de significados (Wilson *et al.*, 2001). Para fines de este trabajo se pretende utilizar los Problemas con Historia (Story Problems), con la finalidad de que los estudiantes practiquen las habilidades propias en la solución de problemas e ir complejizando las problemáticas conforme van dominando niveles de habilidades superiores.

Se pretende contribuir a la elaboración, planificación y evaluación de ambientes de aprendizaje para la solución de problemas en Ingeniería, a través del uso de la tecnología, teniendo como base el Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI (Partnership for 21st

Century Skills, 2009 a, b c), así como del modelo *Cómo Aprende la Gente* (Brandsford *et al.*, 2000)

Durante este trabajo se diseñaron e implementaron *Ambientes de Aprendizaje para la Solución de Problemas (PSLE)*, según la clasificación de problemas propuesta por Jonassen (2011a). Dado que existen diferentes tipos de problemas, que requieren diferentes tipos de habilidades, los métodos de aprendizaje también deben variar (Jonassen, 2011a; Jonassen, 2010), es por esta razón que se presta especial énfasis en la construcción de casos en la solución de problemas de los ambientes de aprendizaje, teniendo en cuenta que las funciones intelectuales varían en cada caso y por consecuencia la solución de los diferentes problemas, utilizando como parte de las herramientas pedagógicas, la computadora Tablet PC.

El presente estudio forma parte del proyecto “Critical Support Systems to Enhance the Development of 21st Century Expertise in Engineering Students: Using Tablet PCs and Associated Technologies, the Framework for 21st Century Learning, and Guidelines from Research on How People Learn” para la implementación del Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI en la carrera de *Ingeniería en Alimentos* de la Universidad de las Américas Puebla. (Palou, 2010)

La aportación que se pretende lograr es mediante el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje fomentar el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas durante la resolución de problemas en ingeniería química, con apoyo de las Tablet PCs y tecnologías asociadas, tanto para la evaluación formativa como sumaria.

1.5 Propósito de la Investigación

En esta investigación se considera la importancia de analizar el desarrollo de habilidades metacognitivas durante la resolución de problemas, así como el conocimiento, autorregulación y monitoreo de los procesos de aprendizaje en los estudiantes, además de la potencialidad del uso de las Tablet PC y tecnologías asociadas durante estos procesos.

1.5.1 Objetivo General

Diseñar e implementar ambientes de aprendizaje para fomentar y evaluar el desarrollo de habilidades metacognitivas, durante la resolución de problemas, en estudiantes de los últimos semestres de ingeniería química de la UDLAP

1.5.2 Objetivos Particulares

- Diseñar ambientes de aprendizaje para la aplicación de diferentes tipos de problemas.
- Evaluar el desarrollo de habilidades metacognitivas, durante la resolución de problemas, en estudiantes de los últimos semestres de ingeniería química de la UDLAP mediante un estudio longitudinal.
- Analizar potencialidad del uso de las Tablet PC y tecnologías asociadas durante estos procesos.
- Evaluar los ambientes de aprendizaje generados, mediante el modelo denominado *Cómo Aprende la Gente*

1.6 Alcances y Limitaciones

Durante el estudio longitudinal la población de estudiantes fue al principio de cuatro, para el primer curso, los cuales se redujeron a tres estudiantes durante el segundo y tercer cursos, lo cual si bien permitió un acercamiento más profundo al desarrollo de los diferentes procesos realizados, la muestra no es de un tamaño como para poder obtener resultados con significancia estadística. La población para la segunda vez que se ofreció el primer curso de la secuencia fue de ocho estudiantes. Por otro lado, el hecho de haber trabajado con poblaciones reducidas, permite hacer un análisis mucho más fino respecto al

desarrollo de habilidades - cognitivas y metacognitivas -, así como la implementación de las Tablet PCs y tecnologías asociadas.

Por tratarse de un seguimiento que involucra tres cursos consecutivos, los datos obtenidos pueden ofrecer información relevante acerca del desarrollo de habilidades durante la resolución de problemas. Se debe considerar que la población muestra en este trabajo son estudiantes de los últimos semestres de la carrera de Ingeniería Química, por lo que los resultados podrían variar en estudiantes que cursen los primeros semestres.

1.7 Estructura

Esta investigación se encuentra dividida en seis apartados, los cuales se describen a continuación

Capítulo 1: Se aprecia el contexto en el cual se desarrolla la investigación, así como su justificación, los objetivos que persigue este trabajo; sus alcances y limitantes.

Capítulo 2: Se presentan los fundamentos teóricos en los cuales se basa esta investigación, como es la revisión del Marco para el Aprendizaje del siglo XXI, la descripción del Modelo *Cómo Aprende la Gente*, los referentes relacionados a la tipificación de problemas que realiza Jonassen y en la cual se basa parte del estudio, así como los referentes teóricos respecto al desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas; y el uso de la Tablet PCs en la educación

Capítulo 3: Incluye la metodología utilizada para llevar a cabo esta investigación, detallando el diseño de la investigación, antecedentes, contextos, participantes, instrumentos aplicados y entrevistas realizadas, así como el procedimiento para la recolección y análisis de la información que conforma este estudio.

Capítulo 4: Detalla los resultados obtenidos tanto para la resolución de problemas y la relación con el desarrollo de habilidades, los resultados obtenidos con el Inventario de Conciencia Metacognitiva, así como las entrevistas realizadas a los estudiantes para conocer su percepción con respecto al uso de la Tablet PC, su impacto dentro del Marco

para el aprendizaje del siglo XXI, incluyendo las directrices del Modelo *Cómo Aprende la Gente*

Capítulo 5: Se realiza una autobiografía de la investigación que refleja las experiencias vivenciales tanto de la sustentante como de la profesora de los cursos.

Capítulo 6: Se presentan las conclusiones del estudio y sugerencias para estudios posteriores.

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1 Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI

El presente estudio se realiza tomando como base el Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI propuesto por la Asociación para las Habilidades del Siglo XXI (Partnership for 21st Century Skills, 2009b), el cual describe las habilidades, conocimientos y experiencias que los estudiantes deben manejar para tener éxito en el trabajo y en la vida, (Partnership for 21st Century Skills, 2009b). Dentro de este trabajo se pretende monitorear el desarrollo de habilidades cognitivas que les permiten a los estudiantes ampliar sus experiencias en la Solución de Problemas en Ingeniería

El Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI, representa una visión holística de proceso de aprendizaje y enseñanza (Partnership for 21st Century Skills, 2009a), donde la propuesta combina el enfoque de los *Resultados de los Estudiantes* con un *Sistema de Soporte* que ayuda a los estudiantes a especializarse en habilidades multidimensionales (Figura 1), que se requieren en el siglo XXI (Partnership for 21st Century Skills, 2009a), sin embargo se debe considerar que debido a la complejidad de las variables implicadas, durante este trabajo se tomaron en cuenta algunos de los aspectos involucrados en el Marco, sobre todo aquellos que involucran el desarrollo de habilidades cognitivas, metacognitivas, el uso de la Tecnología para el desarrollo de habilidades, los Ambientes aprendizaje, así como los parámetros y evaluación tanto formativa como sumaria.

A pesar la interrelación entre los diversos procesos que se buscan para un cambio integral dentro de la curricula, el desarrollo de este trabajo se lleva a cabo a nivel de aula y trabajando directamente con los estudiantes, por lo tanto los ámbitos curriculares se considerarán para trabajos posteriores teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el aula.

Este Marco describe las habilidades, conocimientos y experiencias que deben manejar los estudiantes para tener éxito en el trabajo y la vida, esto es una mezcla de contenidos

conocimientos, habilidades específicas, pericia y literatura adecuada (Partnership for 21st Century Skills, 2009b).

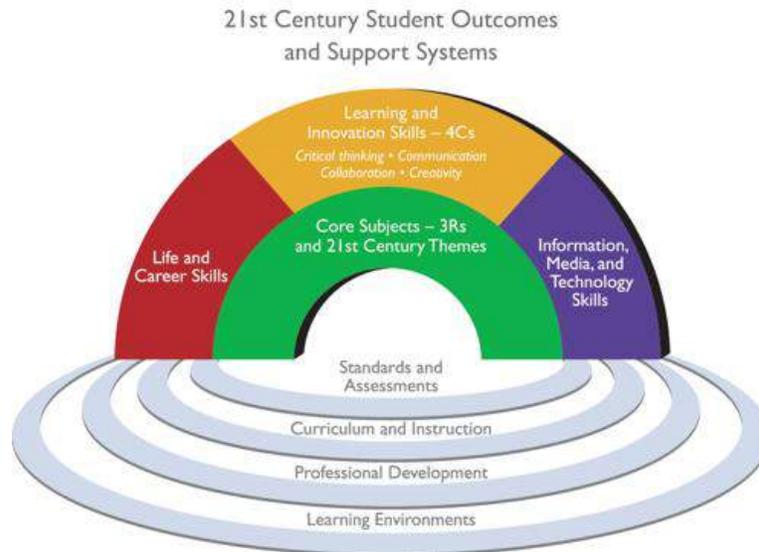


Figura 1. Elementos que componen el Marco para el desarrollo de Habilidades para el Siglo XXI

El Marco para el Aprendizaje del Siglo XXI trabaja bajo dos ejes principales – resultados estudiantiles y sistemas de soporte para el desarrollo de habilidades-, de la misma manera propone una serie de ejes para el desarrollo de estas habilidades.

Los ejes que se estarán desarrollando para este trabajo son los relacionados con las “Habilidades para el Aprendizaje y la Innovación”, “Habilidades para el Trabajo y la Vida”, “Normas Estándares o Parámetros para el Siglo XXI”, “Evaluación de las Habilidades para el siglo XXI” y “Ambientes de Aprendizaje para el Siglo XXI”.

Los elementos considerados en cada uno de los ejes tienen la finalidad de que pueden ser alineados para producir un Sistema de Soporte que produzca los resultados estudiantiles del siglo XXI que se requieren en la actualidad, (Partnership for 21st Century Skills, 2009a, b).

2.2 Modelo *Cómo Aprende la Gente*

Una de las principales características en las que se ha puesto mayor énfasis en la nueva ciencia del aprendizaje, es en el aprendizaje con comprensión; esto debido a que anteriormente en el curriculum se le había dado mayor prioridad a los hechos (favoreciendo la memorización) que al entendimiento del fenómeno que se estudia (Bransford *et al.*, 2000), de tal forma que en los estudiantes desarrollan más habilidades memorísticas que de comprensión.

A pesar de que la nueva ciencia del aprendizaje no niega la importancia de los hechos para desarrollar habilidades de pensamiento y para la solución de problemas, se ha demostrado que el desarrollo de habilidades que les permita volverse expertos en la solución de problemas, depende, en gran medida del *conocimiento y entendimiento* que tengan de los temas en cuestión (Bransford *et al.*, 2000), más que de los hechos *per se*

La teoría moderna del aprendizaje, -como uno de los principios fundamentales -, maneja el hecho que existen diferentes tipos de metas de aprendizaje, que requieren diferentes métodos de instrucción (Bransford *et al.*, 2000), por lo tanto se deben diseñar ambientes de aprendizaje desde las diferentes perspectivas de aprendizaje; las cuales son consideradas particularmente importantes a raíz de los datos actuales que se tiene acerca del aprendizaje humano (Bransford *et al.*, 2000).

El modelo propuesto por Bransford *et al.* (2000) se basa en la interrelación de cuatro perspectivas del aprendizaje: “*Centrado en el que Aprende*”, “*Centrado en el Conocimiento*”, “*Centrado en la Evaluación*” y estos tres rubros se ven permeados por la perspectiva de aprendizaje “*Centrado en la Comunidad*” (Figura 2), donde se pueden plantear actividades que estén relacionadas con más de una perspectiva de aprendizaje (Carney, 2005).



Figura 2. Modelo de *Cómo Aprende la Gente*, propuesto por Bransford *et al.*, 1998)

2.2.1 Ambientes centrados en el que aprende

Este tipo de ambiente centra su atención en los conocimientos, habilidades, actitudes y creencias que los estudiantes traen al ámbito escolar, por lo que se puede hablar de una “enseñanza diagnóstica” (Bell *et al.*, 1980 en Bransford *et al.*, 2000), y tiene como finalidad descubrir lo que piensan los estudiantes en relación con los problemas inmediatos que enfrentan, donde se puede discutir sus errores conceptuales de manera sensible y crear situaciones de aprendizaje que les permita reajustar sus ideas (Bell *et al.*, 1980 en Bransford *et al.*, 2000).

Por otro lado, se considera que toda la información que se obtenga de un diagnóstico deberá ser mediante la observación, preguntas y conversación, así como de reflexión sobre los productos generados de la misma actividad del estudiante (Bransford *et al.*, 2000).

Esta dimensión involucra a los estudiantes que presentan un conflicto cognitivo, para luego realizar debates de los diferentes puntos de vista que están en conflicto (Piaget, 1973; Festinger, 1957, en Bransford *et al.*, 2000).

Los ambientes centrados en quien aprende, requieren de un maestro que esté pendiente de que los estudiantes construyan sus propios significados. El maestro “le da a los estudiantes la razón” al respetar y entender las experiencias y conocimientos previos de los estudiantes, considerando que éstos (conocimientos) puedan servir en la construcción de puentes hacia un nuevo entendimiento (Duckworth, 1987: en Bransford *et al.*, 2000),

Teniendo en cuenta que este estudio se lleva a cabo en estudiantes que se encuentran cursando los últimos semestres de la carrera, se considera de mayor relevancia el reconocer el tipo de conocimientos previos o preconcepciones con los que cuentan al momento de cursar esta materia.

2.2.2 Ambientes centrados en el conocimiento

Se debe tomar en cuenta que los ambientes que exclusivamente se encuentran centrados en quien aprende, no necesariamente ayudan a los estudiantes a adquirir los conocimientos y habilidades necesarias para funcionar con efectividad en la sociedad (Bransford *et al.*, 2000).

Por lo tanto, los ambientes centrados en el conocimiento hacen una inserción con los ambientes centrados en quien aprende (Figura 2), debido a que el nuevo conocimiento se construye con base en su conocimiento actual. Si no se considera cuidadosamente el conocimiento que los estudiantes llevan a la situación de aprendizaje, es difícil predecir el grado de entendimiento acerca de la nueva información presentada (Bransford *et al.*, 2000).

Lo anterior debido a que la capacidad que desarrollan los expertos para pensar y resolver problemas, requiere conocimientos bien organizados que apoyen la planeación y el pensamiento estratégico (Bruner, 1981 en Bransford *et al.*, 2000), por lo que el mal manejo de los contenidos esenciales puede derivar en el fracaso para la solución de problemas profesionales.

Este tipo de ambiente también incluye un énfasis sobre la construcción de sentido, ayudando a los estudiantes a transformarse en meta- conocedores que esperan que la nueva información tenga sentido y que preguntan para aclarar cuando no la tiene (por ejemplo, Palincsar y Brown, 1984; Schoefeld, 1983, 1985, 1991, en Bransford *et al.*, 2000), la importancia radica en el hecho de que los contenidos no se limiten a la simple exposición de los hechos y conceptos planteados, sino ir a la par con situaciones que les implique involucrarse en las problemáticas presentadas.

En el modelo planteado los ambientes centrados en el conocimiento hacen una intersección con los ambientes centrados en quien aprende, cuando la enseñanza comienza con un interés por las concepciones iniciales de los estudiantes acerca del material. (Bransford *et al.*, 2000), y es el mismo interés el que le permite buscar material adicional que le facilite la comprensión de la problemática presentada

Un reto para el diseño de ambientes de aprendizaje es lograr un balance adecuado de actividades, entre las que se diseñan para promover la comprensión y la automatización de las habilidades necesarias, sin saturar los requerimientos de atención (Bransford *et al.*, 2000), para lo cual es importante hacer de los contenidos, escenarios que les permita a los estudiantes, involucrarse en las problemáticas planteadas, dando un contexto actual y real que le permita promover su interés por el tópico presentado.

2.2.3 Ambientes Centrados en la evaluación

Los ambientes de aprendizaje, además de estar “Centrados en Quien Aprende” y “Centrado en el Conocimiento”, deben centrarse también en la evaluación, la cual proporciona oportunidades de retroalimentación además de asegurar que lo evaluado sea congruente con las metas de aprendizaje (Bransford *et al.*, 2000). Dentro de la evaluación se deben distinguir la *evaluación formativa*, como una fuente de retroalimentación y la *evaluación aditiva o sumaria*, la cual mide el aprendizaje de los estudiantes

Existen diversos estudios acerca de cómo la evaluación formativa fomenta la especialización socialmente aceptada, el aprendizaje, la transferencia y el desarrollo temprano, muestran la extrema importancia de la retroalimentación, donde el pensamiento de los estudiantes debe hacerse visible (a través de debates, escritos o exámenes) y se hace necesario promover la retroalimentación (Bransford *et al.*, 2000), lo cual nos sirve de base para en la evaluación formativa que se pretende estudiar dentro de este trabajo, donde los estudiantes a través de los programas multimedia que se utilizarán, recibirá retroalimentación de forma simultánea al momento de enviar sus resultados.

Se debe tener en cuenta que la evaluación donde se enfatiza el entendimiento, no necesariamente requiere procedimientos de evaluación elaborada o complicada y la retroalimentación debe darse continuamente como parte de la instrucción. Los maestros también pueden ayudar a los estudiantes a construir habilidades para la autoevaluación, de forma tal que aprendan a evaluar su propio trabajo, teniendo en cuenta que *la autoevaluación* es una parte importante del *acercamiento metacognitivo* a la instrucción. Se debe considerar que las evaluaciones diseñadas adecuadamente ayudan a los maestros en la necesidad de volver a pensar en la enseñanza (Bransford *et al.*, 2000).

Para los fines de este trabajo se considera la retroalimentación proporcionada a los estudiantes durante los diferentes procesos, así como aspectos relacionados con la autoevaluación y coevaluación.

2.2.4 Ambientes centrados en la comunidad

Se utiliza el término *Centrado en la Comunidad* para referirse a diversos ámbitos de convivencia de los estudiantes. Un análisis de los ambientes de aprendizaje desde la perspectiva de la comunidad también debe interesarse por la conexión entre el ambiente escolar y la comunidad (la cual incluye hogares, centros comunitarios, programas extracurriculares, entre otras) (Bransford *et al.*, 2000).

Al referirse a los ambientes de aprendizaje centrados en la comunidad, se incluye también aquellas actividades realizadas dentro del aula escolar, donde las normas establecidas en el salón de clase también puede fomentar modos de participación que puedan ser poco familiares para algunos estudiantes, por ejemplo (Bransford *et al.*, 2000).

Es posible que las normas en el salón de clase impulsen modos de participación que resulten ajenos para algunos estudiantes, esto es pasar de una educación pasiva o bancaria a involucrarse en diversas actividades con las cuales nunca antes tuvo un acercamiento (Rogoff *et al.*, 1993, en Bransford *et al.*, 2000).

El sentido de comunidad también se ve afectado en el salón de clase por las calificaciones obtenidas, las cuales pueden tener efectos positivos o negativos dependiendo de los estudiantes. Por otro lado, se tiene también la competencia entre los estudiantes por obtener y lograr la atención y aprobación del maestro, por lo que en ocasiones el competir puede crear situaciones que impidan el aprendizaje, sobre todo si la competencia individual es contraria a la ética de la comunidad en donde los individuos contribuyen con sus fortalezas a la colectividad (Suina y Smolkin, 1994).

Los ambientes centrados en la comunidad dentro de las escuelas y salones de clase también se ven afectados fuertemente por los adultos que trabajan en ese ambiente, donde los estudios enfatizan la importancia del maestro en las comunidades de aprendizaje (Bray, 1998; Talbert y Mc Laughlin, 1993 en Bransford *et al.*, 2000)

Dado lo anterior en el presente estudio se trabaja en la generación ambientes de aprendizaje que favorezcan la participación interactiva entre los estudiantes con el maestro, así como el trabajo cooperativo y colaborativo¹ en el aula

¹ Bruffee (1995) identifica dos diferencias básicas entre aprendizaje cooperativo y colaborativo 1) El aprendizaje cooperativo impone más estructuras entre los miembros del equipo que el aprendizaje colaborativo. 2) El aprendizaje cooperativo se refiere a la utilización y desarrollo de conocimientos básicos,

2.3. Ambientes de aprendizaje

Los *Ambientes de Aprendizaje Basado en Problemas*, permite a los estudiantes participar en la adquisición de experiencia para la solución de problemas (Jonassen *et al.*, 2005).

Una evaluación de 25 años de experiencia con Ambientes de Aprendizaje Basados en Problemas en Ingeniería (Fink, 1999; citado en Jonassen *et al.*, 2005), muestra en términos muy claros la superioridad del ABP comparado con las estrategias de aprendizaje tradicional.

Jonassen (1999), propone un modelo para el diseño de ambientes de aprendizaje constructivistas, que enfatiza el papel del estudiante en la construcción del conocimiento. El modelo concibe un problema que está situado en determinado ambiente, con variaciones interpretativas y un sistema de soporte intelectual alrededor del problema, donde la meta o el objetivo del aprendiz es interpretar y resolver el problema.

Las características que plantea debe tener cualquier ambiente de aprendizaje constructivista son (Jonassen, 1999):

- a) La pregunta, el caso o el proyecto: del cual se busca la solución
- b) Casos relacionados : Entendiendo que cualquier problema requiere de cierta experiencia y de la construcción de modelos mentales
- c) Fuentes de Información: las cuales permitan al aprendiz ir construyendo su modelo mental y formular hipótesis que conduzcan a la manipulación del espacio del problema
- d) Herramientas Cognitivas (Construcción del conocimiento): donde se requieren las habilidades cognitivas que poseen los aprendices para solucionar el problema, en

mientras que el aprendizaje colaborativo tiene que ver con el uso y desarrollo de conocimiento mucho más profundo.

caso de no tenerlas, el instructor puede proveer herramientas cognitivas que sirvan de andamiaje para solucionar el problema

- e) Conversación y comunicación: donde se observa que el aprendizaje de manera natural no ocurre de forma aislada sino a través de un grupo de trabajo que desarrollan una concepción común del problema y enfocan sus energías a resolverlo

Los casos relacionados y las fuentes de información dan soporte al entendimiento del problema y sugieren las posibles soluciones, mientras que las herramientas cognitivas ayudan al aprendiz a interpretar y manipular los diferentes aspectos del problema, las herramientas de conversación /colaboración entre la comunidad tienen la capacidad de negociar y co-construir el significado del problema y los sistemas de soporte social y contextual ayudan a implementar el ambiente de aprendizaje constructivista (Jonassen, 1999)

De acuerdo con Jonassen (2011), el planteamiento de los casos a resolver, son los componentes básicos en los ambientes de aprendizaje para la solución de problemas (PSLEs, Problem -Solving Learning Environments). Lo que se pretende con este modelo es intentar proveer una guía para el diseño de ambientes de aprendizaje que soporten el aprendizaje constructivista, sin embargo tampoco son apropiados para todos los objetivos de aprendizaje (Jonassen, 1999)

Para los fines de este trabajo se pretende que los problemas que resuelvan los estudiantes se lleven a cabo dentro de un ambiente de aprendizaje constructivista, para lo cual se seleccionarán los casos que se consideren cumplen con las características propuestas por Jonassen (1999).

2.4. Aspectos cognitivos

2.4.1. Habilidades de Pensamiento

Se puede entender por habilidad, la facultad de aplicar un conocimiento procedimental de manera directa a un proceso o a la evaluación y mejora de lo que se piensa y se hace (Sánchez, 2002)

El desarrollo de habilidades comienza a tener su auge en la época de los 70's, a raíz de que se observa un decremento en el desempeño intelectual de los jóvenes universitarios y del cual no se tenía una clara razón de las causas que lo originaban, por lo que se plantean diversos estudios sobre la detección de dificultades en los estudiantes para aprender, resolver problemas y tomar decisiones (Aarons, 1976).

Es a partir de los estudios de Howard Gardner (Gardner, 1985), al desarrollo de los estudios en psicología cognitiva y los estudios acerca del procesamiento de la información, es donde se habla del surgimiento de una nueva disciplina “La ciencia del conocimiento” o “Ciencias cognitivas” como Gardner lo describe en su libro “The mind's new science”, esta nueva ciencia del conocimiento da cabida a que los estudios relacionados con la psicología y las neurociencias, tengan aplicación en el área del desarrollo humano y la educación (Sánchez, 2002).

Posteriormente Edward De Bono (1974), desarrolla en Método CORT- Thinking, para estudiantes de nivel primaria, para 1980 Robert Sternberg participa en un proyecto dirigido al desarrollo de habilidades intelectuales en jóvenes universitarios (Sternberg, 1987).

Sánchez (2002), menciona *“para lograr una habilidad es necesario practicarla hasta lograr el hábito de utilizarlo en forma natural y espontánea, en variedad de contextos y adaptándolos de acuerdo a los requerimientos de la tarea”*

Para lo cual dentro de este trabajo se estarán aplicando procesos de solución de problemas cuyo grado de complejidad vaya en aumento, con la finalidad de hacer de esta estrategia algo natural en los estudiantes de ingeniería.

2.4.1. Revisión a la Taxonomía de Bloom

Para la descripción de las habilidades con las que se estarán trabajando con los estudiantes, se toma como referencia la taxonomía de Bloom en la nueva revisión realizada por Anderson y Krathwohl (edits) en 2001.

Lo anterior con base en que la revisión de la taxonomía de Bloom, Anderson *et al.* (2001), incluyeron nuevas dimensiones de aprendizaje, como son los procesos metacognitivos. En la Figura 3, se muestra una tabla comparativa de las modificaciones hechas a la taxonomía de Bloom por Anderson *et al.*, (2001).

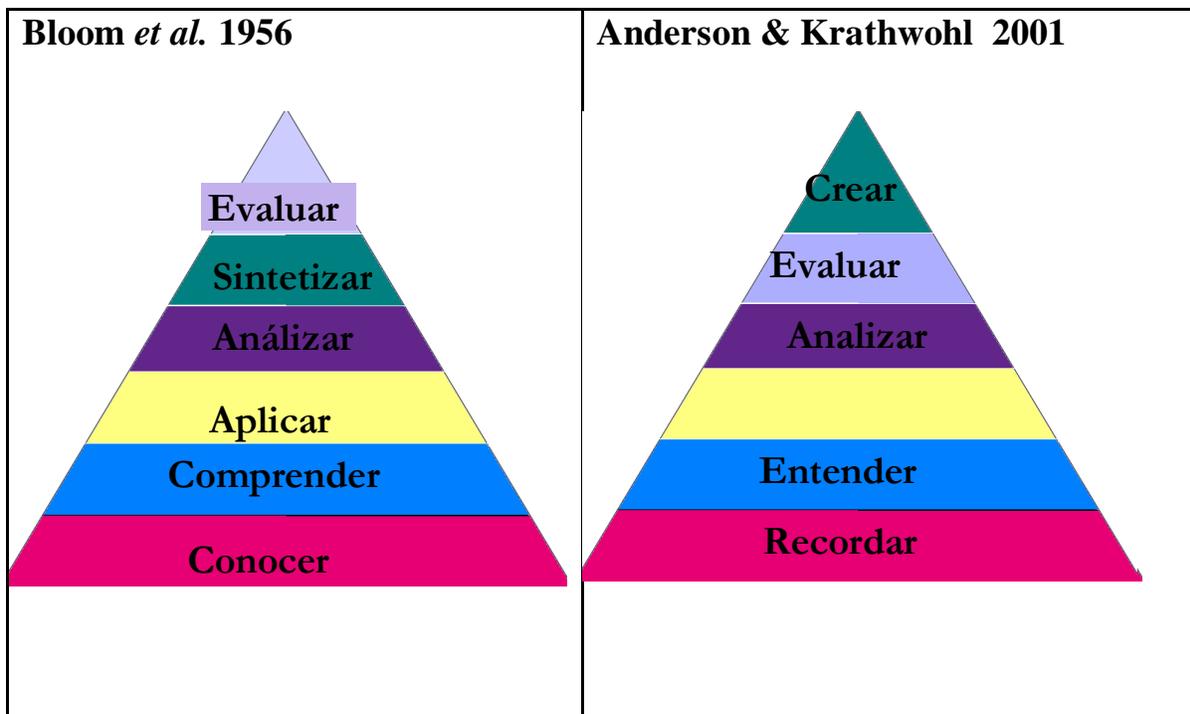


Figura 3. Esquema comparativo de las taxonomías de Blomm y Anderson

Una de las ventajas de la nueva revisión a la taxonomía de Blomm (1956), es el hecho que Bloom plantea su taxonomía dentro de una sola dimensión, es decir considera solo los procesos cognitivos, pero no especifica los conocimientos adquiridos, es por esta razón que Anderson plantea la nueva taxonomía de manera bidimensional, considerando tanto los procesos cognitivos como el tipo de conocimiento desarrollado como se aprecia en la siguiente figura (Figura 4)

Dimensiones de conocimiento	Proceso Cognitivo					
	1. Recordar	2. Entender	3. Aplicar	4. Analizar	5. Evaluar	6. Crear
Factual						
Conceptual						
Procedural						
Metacognitivo						

Figura 4. Tabla bidimensional propuesta por Anderson, 2001

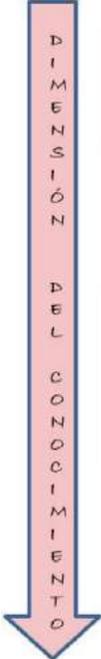
Dentro de la *Dimensión del Proceso Cognitivo* se encuentran las habilidades de Recordar, Entender, Aplicar, Analizar, Evaluar y Crear, cada uno de estos rubros contiene habilidades más específicas que ayudan a la planeación de los objetivos, cabe mencionar que las columnas se encuentran acomodadas en orden de complejidad cognitiva siendo Recordar una de las habilidades cognitivas más básicas y por otro lado Crear que se presenta como una de las habilidades de complejidad cognitiva. Las habilidades que contiene cada una de las columnas se describe en la Figura 5.



Fuente: Anderson *et al* (2001)

Figura 5. Habilidades involucradas en la Dimensión del Proceso Cognitivo

Dentro de *la Dimensión del Proceso de Aprendizaje*, Anderson et al. (2001), reconocen cuatro tipos de conocimientos: Factual, Conceptual, Procedimental y Metacognitivo, los cuales se describen dentro de la Figura 6.



Conocimiento Factual	Elementos básicos que el estudiante debe adquirir en una disciplina o solución de problema a) Conocimiento de terminologías b) Conocimiento acerca de detalles específicos y sus elementos
Conocimiento Conceptual	La interrelación entre los elementos básicos de una estructura que les permita funcionar juntos a) Conocimiento de clasificación y categorías b) Conocimiento de principios y generalizaciones c) Conocimiento de teorías, modelos y estructuras
Conocimiento Procedural	Cómo hacer algo, métodos de investigación y criterios en el uso de habilidades, algoritmos, técnicas, y métodos a) Conocimiento de habilidades en temas específicos y algoritmos b) Conocimiento de técnicas y métodos en temas específicos c) Conocimiento de criterios para determinar para determinar cuándo es apropiado utilizar estos procedimientos
Conocimiento Metacognitivo	Conocimiento de cognición en general, así como también la evaluación y autoregulación de los procesos cognitivos a) Conocimiento estratégico b) Conocimiento acerca de tareas cognitivas, incluyendo un adecuado conocimiento contextual y condicional c) Autoconocimiento cognitivo

Fuente: Anderson et al (2001)

Figura 6. Dimensión de los tipos de conocimientos propuesta por Anderson y cols (2001).

2.5. Metacognición

Uno de los factores que adquiere relevancia dentro de este estudio, es el monitoreo de las habilidades metacognitivas en la solución de problemas, teniendo en cuenta la importancia de que el aprendizaje se realice de forma significativa, pero también de forma consciente, es decir, que los estudiantes tengan la capacidad de monitorear y auto-regular su propio aprendizaje.

Flavell (1976), acuña el término de metacognición, en donde asume a la metacognición como el más alto nivel de actividad mental, por su parte Bluer (1995, citado en Correa *et al.*, 2002) la describe como:

“la habilidad para pensar sobre el pensamiento, para tener conciencia de que uno mismo es capaz de solucionar problemas y al mismo tiempo supervisar y controlar los procesos mentales”

Metacognición se refiere a las habilidades de orden superior que involucran el control sobre los procesos cognitivos relacionados con el proceso de aprendizaje, así como actividades que permitan monitorear la comprensión del proceso, así como la evaluación del mismo una vez que finalice la tarea a realizar (Livinston, 1997).

Flavell (1979) reconoce que la metacognición involucra *dos procesos*:

- a) El *conocimiento metacognitivo*, también conocido como *autovaloración o conciencia metacognitiva*, donde el individuo tiene conocimiento acerca de sus propios recursos cognitivos, de los que la tarea demanda, y de la estrategia que utilizará para llevar a cabo un trabajo cognitivo con efectividad. Lo denominan el *componente declarativo*, que es relativo al “*saber qué*”

- b) El *control ejecutivo, regulación de la cognición o administración*, la cual es la habilidad para manipular, regular o controlar los recursos y estrategias cognitivas para poder asegurar el éxito en la tarea a realizar. Este proceso incluye las habilidades de planeación, monitoreo y evaluación, y lo denominan el *componente procedimental*, relativo al “*saber cómo*”.

Brown (1977), por su parte, define Metacognición como el “control deliberado y consciente de la propia actividad cognitiva, entendiendo por habilidades cognitivas, mecanismos autorregulatorios que se emplean durante el intento activo de resolver un problema”.

Siguiendo la misma línea, Mateo (2001), señala el hecho de que una *técnica* se convierte en una *estrategia cognitiva* en el momento en que se tiene conocimiento sobre *cuándo, dónde y cómo usarla*, por lo tanto afirma que la auto-conciencia es un prerequisite de la autorregulación por lo que debe tomarse en cuenta para lograr aprendizaje significativos.

Con base en lo anterior, se pretende que los estudiantes de Ingeniería consigan desarrollar esta estrategia cognitiva que les permita resolver problemas de forma consciente y auto-regulada, con la finalidad de lograr un aprendizaje significativo.

De acuerdo con Flavell (1979), existen dos principales características en la metacognición: *Conocimiento cognitivo y regulación de la cognición*².

El *conocimiento cognitivo* requiere identificar las tareas, estrategias y variables personal, mientras que la *regulación cognitiva*, es decir la metacognición incluye conocer las habilidades que se requieren para las diferentes tareas así como estrategias para el conocimiento y el autoconocimiento, es decir, conocer nuestras propias habilidades y las de los demás (Flavell, 1979; 1987, citado en Jonassen, 2011).

Mientras que la *regulación de la cognición* incluye la habilidad de auto monitorear la comprensión y el control de nuestras propias actividades de aprendizaje. El factor de *autoregulación en la metacognición* describe actividades que regulan y supervisan el aprendizaje como es la planeación y actividades de monitoreo del problema, además de involucrar los procesos de evaluación (Schraw y Moshman, 1995; citado en Jonassen, 2011).

El *conocimiento cognitivo* es esencial para planificar monitorear y regular el proceso de aprendizaje, estas mismas ideas fueron acogidas por otros estudios (por ejemplo Bransford, Brow y Cocking, 1994; Pintrich, 2002, citado en Jonassen, 2011) y fueron validados por Schraw y Dennison (1994), en el desarrollo del *Inventario de Conciencia Metacognitiva* (MIA, por sus siglas en Inglés) (Jonassen, 2011), el cual se toma con base en el presente estudio.

² Entendiendo por cognición el funcionamiento intelectual de la mente humana referida a recordar, comprender, focalizar la atención y procesar la información de acuerdo con Condemarin, (1995)

La idea de la metacognición se ha tratado en numerosos estudios que han explorado el papel de la metacognición entre diversas audiencias, para diferentes metas de aprendizaje, Por ejemplo la revisión a la Taxonomía de Bloom, realizada por Anderson *et al.* (2001), incorporan el conocimiento metacognitivo dentro de la dimensión de procesos cognitivos en la taxonomía.

En la metacognición uno de los aspectos a los que se le ha dado mayor importancia es al cómo evaluar el proceso metacognitivo, es decir, cómo evidenciar el proceso metacognitivo en los estudiantes. Algunos de los estudios se han dedicado a inferir el proceso a través de estrategias como es el pensar en voz alta mientras leen o están trabajando en la solución de algún problema (Artz & Armour-Thomas, 1992; Schoenfeld, 1983).

Artz & Armour-Thomas (1992; citado en Jonassen, 2011), analizaron el proceso metacognitivo en la resolución de un problema, donde incluyeron procesos tales como entender el problema, analizar, explorar, planificar y verificar la solución.

Uno de los métodos más comunes para la evaluación del proceso metacognitivo, ha sido el instrumento de auto-reporte. Swanson (1993; citado en Jonassen, 2011), construyó una encuesta para evaluar los procesos de la resolución de problemas en estudiantes que presentaban algún tipo de discapacidad mental, donde los estudiantes respondían preguntas de relativa facilidad. Sin embargo la validez de su instrumento fue cuestionada por otros autores.

Dentro de los instrumentos de auto-reporte que se conocen, el que ha sido mayormente utilizado es el propuesto por Schraw & Dennison (1994), el cual se conoce con el nombre de MAI (por sus siglas en Inglés), Inventario de Conciencia Metacognitiva, donde se considera que el aprendiz es capaz de planear, secuenciar y monitorear su propio aprendizaje.

Los autores arriba mencionados analizan el proceso metacognitivo por medio de un instrumento de cincuenta y dos reactivos y utilizando una escala de 0 a 100 mm, sin embargo para fines de este trabajo se decidió realizar la evaluación a través de una escala de Likert³

El instrumento utilizado evalúa la conciencia metacognitiva considerando dos factores: El *factor de conocimiento cognitivo* que corresponde cuando los estudiantes conocen ellos mismos acerca de las estrategias y condiciones bajo las cuales estas estrategias les son de mayor utilidad. Este factor involucra el conocimiento declarativo, procedural y condicional (Schraw & Dennison, 1994).

El *factor de regulación cognitiva* corresponde al conocer acerca de los caminos que el estudiante planea, cómo implementa estas estrategias y las monitorea, así como la correcta comprensión de los errores y su respectiva evaluación, que al unísono ayudan al estudiante a su auto regulación, los cuales se encuentran relacionados con las habilidades de depuración de la información, manejo estratégico de la información, planeación, monitoreo y evaluación (Schraw & Dennison, 1994).

A continuación se observan algunos ejemplos de los reactivos del instrumento.

FACTOR DE CONOCIMIENTO COGNITIVO	Entiendo mis fortalezas y debilidades intelectuales
	Soy bueno juzgando qué tan bien entiendo algo
	Aprendo más cuando estoy interesado en el tópico
FACTOR DE REGULACIÓN COGNITIVA	Me pongo metas específicas antes de comenzar una tarea

³ Método desarrollado por Rensis Likert en 1932: Conjunto de ítems codificados presentados en forma de afirmaciones o juicios, los cuales permiten determinar la intensidad y dirección ya sea positiva o negativa de la actitud los sujetos a los que se les administra

	Me pregunto acerca del material antes de comenzar una tarea
	Me pregunto qué tan bien cumplí mis objetivos una vez que he finalizado
	Me pregunto si he considerado todas las opciones, después de resolver un problema

Fuente: Schraw & Dennison (1994)

Existen múltiples métodos para la evaluación de la metacognición (Howard, McGee, Shia, y Hong, 2000; O'Neil y Abedi, 1996; Armour-Thomas y Haynes, 1988, Metcalfe, 1986; Jausevec, 1994), sin embargo el Instrumento MAI, ha sido validado en repetidas investigaciones, probando ser el instrumento más confiable para la evaluación de los procesos metacognitivos (Jonassen, 2011).

Se considera que la diferencia entre un buen y un mal solucionador de problemas, radica en la habilidad de pensar acerca de su propia actividad a la hora de solucionar un problema (Davidson & Sternberg, 1998)

Según Davidson, Deuser, y Sternberg (1994), la metacognición ayuda a quien resuelve un problema a reconocer el problema, definirlo y entender cómo buscar la solución, para lo cual los autores proponen un proceso metacognitivo que se lleva a cabo durante la solución de problema

1. Identificar el problema (determinando qué tipo de problema es)
2. Representación mental del problema (desarrollar un modelo mental del problema)
3. Procedimiento de planeación para la solución (especialmente cuando los problemas son extraordinarios o complejos)
4. Evaluar el rendimiento (Evaluar la representación mental del problema)

Las habilidades metacognitivas se pueden aprender por medio de una *capacitación explícita* o bien a través de una *orientación por parte del instructor* (Schoenfeld, 1992).Para

una *capacitación explícita* se deben tener en cuenta tanto la estrategia de capacitación, como la creación de un ambiente social que soporte la problemática (Lin, 2001; citado en Jonassen, 2011). En cambio, cuando se habla de una *orientación por parte del instructor*, se recurren a la generación de preguntas durante el aprendizaje (Jonassen, 2011),

Para los propósitos de este trabajo y debido a que se realiza dentro de materias que se consideran disciplinarias, la estrategia que se llevará a cabo será por medio de la *Orientación del instructor* realizando preguntas clave que nos arrojen evidencia acerca de las habilidades metacognitivas desarrolladas durante el proceso

La enseñanza de las habilidades metacognitivas puede significar un gran avance en el logro de los aprendizajes. Para ello es importante dar la posibilidad a los alumnos de exponer y escuchar la descripción del proceso con el que se llegó al aprendizaje, al descubrimiento del principio o del hallazgo de la solución (Klinger y Vadillo, 1999).

Dentro de este trabajo se pretende evidenciar las habilidades metacognitivas en los estudiantes a través de instrumentos que ya han sido validados (MAI), así como a través de esquemas mentales y protocolos de argumentación, al momento de resolver problemas en el área de Ingeniería.

2.6. Resolución de problemas en Ingeniería

Los practicantes en ingeniería son contratados, retenidos y gratificados por su capacidad de solucionar problemas. De tal forma, que los estudiantes en Ingeniería deberían aprender a resolver problemas como se presentan en los lugares de trabajo (Jonassen *et al.*, 2006).

Los problemas que enfrentan los ingenieros en sus lugares de trabajo, son sustancialmente diferentes al tipo de problemas que los estudiantes suelen trabajar en el salón de clase, por lo tanto el aprender a resolver problemas en clase, no necesariamente prepara al estudiante en ingeniería para los problemas con los que se enfrenta en el campo de trabajo (Jonassen *et al.*, 2006; Jonassen, 2011).

Los problemas de trabajo (Workplace Problems) son poco estructurados y complejos, debido a que poseen metas en conflicto, métodos de solución múltiple, es decir; problemas sin anticipar, distribución del conocimiento, sistemas colaborativos, la importancia de la experiencia y múltiples formas de representación del problema (Jonassen, *et al.* 2006).

Con la finalidad de que los estudiantes en Ingeniería tengan un acercamiento a los problemas que posiblemente pudieran presentarse en el área profesional, se seleccionaron aquellos problemas cuyas problemáticas han sido reportadas dentro del área de las ingenierías, y se les pide que desarrollen la posible solución que le darían al mismo.

Durante este trabajo se estarán utilizando Ambientes de Aprendizaje Basados en Problemas, ésta estrategia se plantea por primera vez para las escuelas de Medicina como un método para resolver problemas, a partir de esto se extiende para otros campos disciplinarios como fueron las Escuelas de Derecho, Negocios e Ingenierías. El ABP ha mostrado su eficacia tanto para la comprensión de contenidos como para el desarrollo de habilidades de razonamiento (Jonassen *et al.*, 2005)

El ABP muestra su efectividad debido a que el conocimiento que se adquiere mientras se soluciona un problema, se comprende de mejor manera, es transferible y se retiene por más tiempo (Jonassen *et al.*, 2005).

Un ingeniero requiere tanto el conocimiento de los contenidos y habilidades para la solución de problemas en contextos específicos para funcionar efectivamente como un ingeniero profesional, por lo que el ABP se enfoca a que los estudiantes participen lo más pronto posible en la adquisición de experiencia para la solución de problemas (Jonassen *et al.*, 2005).

Una evaluación de 25 años de experiencia con la aplicación de ABP en ingeniería (Fink, 1999 en Jonassen *et al.*, 2005), muestra en términos muy claros la superioridad del ABP comparado con las estrategias de aprendizaje tradicional.

Por lo anterior, se aplicarán diversos tipos de problemas a los estudiantes de Ingeniería de la UDLAP, según la tipología de Jonassen (2011)

2.6.1 ¿Cómo varían los problemas?

El término “*problema*” deriva en varias definiciones, según el Diccionario de la Real Academia Española (2001). Del lat. *problēma*, y este del gr. *πρόβλημα*).

1. m. Cuestión que se trata de aclarar.
2. m. Proposición o dificultad de solución dudosa.
3. m. Conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de algún fin.
4. m. Disgusto, preocupación.
5. m. Planteamiento de una situación cuya respuesta desconocida debe obtenerse a través de métodos científicos.

Para Jonassen *et al.* (2011), un problema se asemeja más a preguntas que son inciertas y que requieren ser examinadas y resueltas, si bien los problemas suelen tener una connotación afectiva, desde la perspectiva cognoscitiva, un problema es “una pregunta a resolver”

Existen muchas concepciones cognitivas de cómo solucionar un problema, por ejemplo la Solución del Problema en General (GPS, por sus siglas en inglés) propuesto por Newell y Simon en 1972, en el cual explican el proceso para la solución de problemas.

Otro modelo el propuesto por Bransford y Stein (1984), llamado IDEA (por sus siglas en inglés) el cual describe la solución de problemas como un proceso de Identificar, Definir, Explorar, Actuar y Volver a mirar (looking back).

Por su parte Grick (1986 citado en Jonassen, 2011), sintetiza varios modelos para la solución de problemas en un modelo simplificado, incluyendo el proceso de construir una representación del problema, hacer una búsqueda de solución e implementar y monitorear las soluciones, sin embargo, menciona Jonassen (2011), este proceso se basa en el supuesto que todos los problemas se pueden resolver de la misma manera y que éstos conllevan un

proceso general, que puede ser aplicado en diferentes contextos con diferentes tipos de problemas.

Por lo anterior, la solución de problemas se ha visto como un proceso reproducible y algorítmico, que no se han centrado en el alto valor de los resultados de aprendizaje, por lo que ha servido para percibirlos como irrelevantes y aburridos (Jonassen, 2011).

Para Jonassen (2011), el proceso para la solución de problemas tiene dos atributos críticos: *Primero*, la solución de problemas requiere una representación mental del problema; es decir, un modelo mental, que permitan entender los elementos del problema y cómo interactúan, así como el procedimiento para solucionar el problema. *Segundo*, la solución de problemas requiere probar y manipular el modelo mental, con la finalidad de generar una solución, debido que quien soluciona un problema debe generar y probar hipótesis y soluciones del mismo.

Jonassen (2011), diverge de las posturas tradicionalistas que expresan que el proceso en la solución de problemas es una aproximación simple y articulada que resuelve todos los tipos de problemas, destacando que tanto los problemas como su solución varían de unos con respecto a otros.

Los problemas, métodos y estrategias que utilizan los individuos o los grupos de trabajo para solucionar problemas, varían entre sí (Jonassen, 2011). Smith (1991) menciona que existen dos tipos de factores que influyen en la solución de un problema, *los factores externos*, los están relacionados con la naturaleza de cómo se encuentra el problema en el mundo y *los factores internos*, que están relacionados a las características personales de quien soluciona el problema, como puede ser su experiencia, conocimiento previo o estrategia usada (en Jonassen, 2011)

Dentro de los factores externos se muestran dos atributos principales; *abstracción y continuidad* (Bassok, 2003; en Jonassen, 2011). Con la finalidad de observar ¿cómo varían

los problemas?, Jonassen *et al.* (2011) describe cinco características de los factores externos de un problema

1. **Estructura:** en la cual los problemas pueden ser estructurados o poco estructurados
2. **Contexto:** El contexto en el cual se encuentra embebido un problema posee una parte significativa del problema y por ende de su solución
3. **Complejidad:** la cual es la interacción entre los factores externos e internos del problema
4. **Dinamismo:** La relación entre las variables o factores de cambio a lo largo del tiempo
5. **Domino específico:** Ciertas habilidades son específicas de un campo o disciplina.

Jonassen (2000a), realiza una tipología de cómo los problemas varían conforma a la complejidad que presentan (Figura 7)

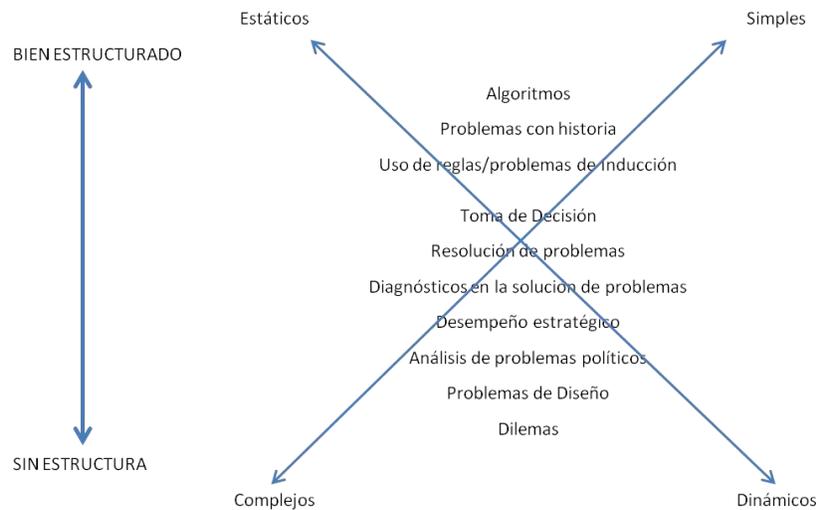


Figura 7. Tipología propuesta por Jonassen para clasificar los diferentes tipos de problemas

Esta tipología representa una teoría del desarrollo en la solución de problemas, donde los problemas varían principalmente a lo largo de un continuo desde los problemas bien estructurados, hasta los poco estructurados (Jonassen 2000a).

Debido a que los problemas varían de diferentes formas, se debe tomar en cuenta que diferentes tipos de problemas requieren diferentes concepciones y habilidades para su solución (Jonassen, 2001; 2010). Con base en estas diferencias se aplicaron diferentes tipos de problemas dentro de esta investigación, como son los Problemas con Historia (Story problems), Toma de Decisión (Decision Making), Solución de problemas y Problemas diagnósticos (Troubleshooting & Diagnosis problem), así como problemas de Diseño (Design problem). Teniendo en cuenta el hecho de si existen diferentes tipos de problemas, y estos requieren de diferentes tipos de habilidades para su solución, por lo tanto los métodos de aprendizaje también tienden a variar (Jonassen, 2001; Jonassen, 2010), es por esta razón que se presta especial énfasis en la construcción de casos en la solución de problemas de los ambientes de aprendizaje, teniendo en cuenta que las funciones intelectuales varían en cada caso y por consecuencia la solución de los diferentes problemas.

2.6.1.1. Problemas con Historia (Story Problems)

Los Problemas de Historia (Story problems) es el tipo de problema que de manera más común revisan los estudiantes dentro de la educación formal. A pesar de no ser los más innovadores o auténticos son claramente, el tipo de problemas los más comunes en las escuelas y universidades, así como también en la mayoría de las investigaciones (Jonassen, 2011).

Muchas innovaciones en matemáticas y ciencias de la educación han intentado remplazar los problemas de historia con problemas más complejos y que se trate de auténticos problemas. Sin embargo en aquellas innovaciones los problemas de historia permanecen como el tipo de problemas que se solucionan en las escuelas y universidades (Jonassen, 2011).

Los problemas de historia típicamente presentan un conjunto de variables embebidas dentro de un contexto de historia superficial. Los problemas de historia se resuelven normalmente

identificando valores clave en escenarios cortos, seleccionando los apropiados algoritmos, aplicando el algoritmo para generar una respuesta cuantitativa y con suerte verificar sus respuestas (Sherrill, 1983; en Jonassen, 2011).

De acuerdo con esta aproximación la transferencia de las habilidades en la solución de este tipo de problema depende de la construcción conceptual de un modelo por parte del estudiante, por lo que los estudiantes deben identificar un grupo de valores representados en el problema y determinar sus características situacionales y estructurales y asociarlas con el esquema del problema.

Dentro de este trabajo se considera relevante el uso de problemas con historia para poder ir introduciendo a los estudiantes a problemáticas más complejas conforme el curso avanza

2.6.1.2. Toma de Decisión (Decision Making)

La Toma de Decisión (Decision Making) es la forma más común de resolver problemas de la vida diaria, en donde está involucra la selección de una o más opciones benéficas o satisfactorias tomadas de una larga lista de opciones. Estas opciones pueden consistir en requerimientos, estrategias, eventos, predicciones y oportunidades (Jonassen, 2011).

La toma de decisión es “*Un compromiso con una línea de acción que se dirige a obtener resultados que satisfagan a las personas especificadas*” (Yates, 2003, p. 24; en Jonassen, 2011).

Se menciona que cada día se realizan diversas tomas de decisión, las cuales varían con mayor o menor grado de importancia, por lo mismo si se habla de que es si es un proceso tan cotidiano, entonces se necesita entender mejor el proceso y desarrollar métodos y estrategias que apoyen la toma de decisión coherente (Jonassen, 2011).

Las nuevas concepciones para la toma de decisión propone que la gente al momento de tomar decisiones se ve contextualmente enriquecida por sus experiencias, por lo tanto se

deben de estudiar cada uno de los modelos propuestos debido a que cada uno provee diferentes perspectivas en el proceso de la toma de decisión (Jonassen, 2011).

Para la Toma de Decisión se han propuesto dos tipos de modelos normativos; el *primero* es un *Modelo Empírico Formal*, donde el tomador de decisiones analiza de manera probabilística las diversas opciones reduciendo el riesgo o pérdida y maximizando los valores esperados (Beach & Connelly, 2005; citado en Jonassen, 2011). El *segundo* tipo de *Modelo Normativo* para la toma de decisión, asumen que quien toma la decisión sigue un proceso de generar opciones, determinar los criterios a evaluar, evaluar cada una de las opciones en términos del criterio, ponderar las opciones y seleccionar una alternativa basándose en el criterio ponderado (Jonassen, 2011).

Sin embargo, ambas aproximaciones han mostrado ser poco exitosas debido a que se pretende utilizar una sola metodología que englobe toda la estrategia del proceso (Jonassen, 2011), durante esta investigación se privilegia la argumentación para evidenciar el proceso de los estudiantes a la horade hacer una toma de decisión.

2.6.1.3. Solución de Problema y Diagnóstico del problema (Troubleshooting and Diagnosis Problems)

La resolución y diagnóstico del problema se consideran generalmente problemas finitos o un grupo de problemas que están causando dificultades. La resolución de problemas requiere un trabajo cognitivo que involucra una búsqueda de causas o fallas a través de una problemática potencialmente grande o de posibles causas. Las características que presenta este tipo de problemas de acuerdo con Jonassen (2011), son:

- Aparecen como poco definidos, debido a que quien lo soluciona debe determinar qué información es necesaria para el diagnóstico del problema
- Requiere un entendimiento profundo del sistemas a solucionar

- Usualmente posee un estado de fallo único aunque múltiples fallos ocurra de manera simultánea
- Se conoce la solución del problema a través de una fácil interpretación de los criterios de éxito
- Requiere que el aprendiz haga juicios de valor acerca de la naturaleza del problema
- Varía significativamente en términos de complejidad y dinamismo

De acuerdo con Johnson *et al.* (1995, citado en Jonassen, 2011), es indispensable desarrollar un conocimiento estratégico, el cual tiene un papel fundamental en la solución de problemas, debido a que ayuda a delimitar el problema, aislar los fallos que puedan ser potenciales, y a probar y evaluar las hipótesis para poder dar solución a la problemática. Los problemas que resuelven los ingenieros poseen estas características por lo que se hace relevante que logren hacer este proceso de forma consciente.

La solución de problemas requiere de la generación y evaluación de hipótesis, para tomar una acción correctiva (Schaafstal *et al.*, 2000; citado en Jonassen 2011), por lo que generalmente está asociado con la reparación de algún sistema, ya sea física, mecánica o electrónica. El énfasis que se le ha dado, es para generar por default diagnósticos que permitan detectar aquellos componentes en el sistema que se están produciendo con estándares de baja calidad (Jonassen, 2011).

Conforme el solucionador de este tipo de problemas va adquiriendo mayor experiencia, va utilizando menos los modelos conceptuales y utiliza los esquemas generados de su propia experiencia (Boshuizen y Schmidt, 1992; citado en Jonassen, 2011).

Lo cual se pretende lograr en el presente trabajo, donde dentro del programa de estudios se han detectado este tipo de problemas para que los estudiantes vayan adquiriendo experiencia en su resolución.

De acuerdo con Johnson *et al.* (1995, citado en Jonassen 2011), los solucionadores de problemas requieren principalmente desarrollar un pensamiento estratégico, debido a que en esencia se ven limitados por los problemas de espacio, aislar los fallos potenciales, así como probar y evaluar las hipótesis propuestas para la solución, por lo tanto el conocimiento estratégico les ayuda a confirmar las hipótesis y las soluciones que de ellas se generan; o bien ayuda a buscar nuevas alternativas cuando se confirma que las hipótesis son falsas o poco viables.

Johnson (1990) y Brown, Burton y deKleer (1982; citados en Jonassen, 2011), logran identificar cinco estrategias globales para el proceso de la solución de problemas

1. Ensayo y error: La cual es la estrategia más común entre las personas que tiene poca experiencia (Novatos)
2. Exhaustiva: Se realiza una lista de posibles fallas y se van probando una por una hasta identificar el fallo real
3. Topográfica: Se localiza una serie de funcionamientos y mal funcionamientos, siguiendo su huella a través del proceso
4. Partido por la mitad (Split Half): esta estrategia es eficiente cuando se trata de un sistema complejo
5. Detección Funcional/ Discrepancia:

Existen diversas metodologías para la solución de problemas; Schaafstal y Schraagen (2000 en Jonassen, 2011) proponen cuatro subtareas

- Describir la formulación del problema
- Generar las causas
- Probar las hipótesis
- Evaluar los resultados

De acuerdo con Johnson *et al.* (1993 citado en Jonassen, 2011), la solución de problemas es un proceso interactivo que genera y prueba cuatro sub procesos

- La construcción del problema
- Delimitación del problema
- Generación y prueba de hipótesis
- Generar la solución o la verificación

Axton *et al.* (1997; citado en Jonassen 2011), propone que la solución de problemas incluye cuatro fases

- Inspección
- Solución del problema
- Búsqueda de acciones que solucionen la discrepancia

Dentro de esta investigación se pretende analizar qué tipo de metodología siguen los alumnos para llevar a cabo el proceso de solución de problemas

2.6.1.4. Diseño en la Solución de Problemas (Desing Problem Solving)

La solución de problemas de diseño es la más común dentro de las disciplinas del diseño de ingenierías, diseño de productos, y diseños instruccionales, este tipo de problemas generalmente son los que presentan mayor complejidad y se presentan como los menos estructurados (Jonassen, 2011).

Se reconoce el hecho que para solucionar un problema de diseño, los diseñadores requieren hacer tomas de decisión, las cuales les ayudan a construir puentes que reduzcan la brecha entre la idea y la realidad (Marston y Mistree, 1997, p1, citado en Jonassen, 2011).

Brown y Chandrasekaran (1989, citado en Jonassen 2011), propone tres clases diferentes dentro de los problemas de diseño.

Clase I: son diseño de sistema de composición abierta, de actividades creativas donde los objetivos son poco especificados y no existe un plan de diseño específico, por lo que requiere de innovación o de un nuevo producto.

Clase II: son problemas de uso existente, poseen un diseño bien estructurado y se tienen planes de su composición.

Clase III: Los diseños son rutinarios, en donde el plan de diseño y composición se conoce, así como las acciones que se requieren de acuerdo con las fallas.

Según esta clasificación se estará trabajando con los problemas de Diseño Clase I

Según Dym y Little (2004, citado en Jonassen, 2011), el proceso en el diseño de Ingeniería incluyen las siguientes fases:

- Definición del problema: clarificar objetivos, establecer requerimientos, identificar limitaciones
- Diseño conceptual: donde se establecen las especificaciones del diseño y se generan alternativas
- Diseño preliminar: Se crea el modelo del diseño, donde se prueba y evalúa el diseño conceptual
- Detalle del diseño : permite re definir y optimizar la elección del diseño
- Diseño final: se documentan y comunican las decisiones, especificaciones y justificaciones del proyecto final.

Aquellos elementos esenciales que mencionan los modelos anteriores son resumidos dentro del Modelo ADDIES propuesto por Gustafson y Branch en 1997(citado en Jonassen 2011), este modelo consta de seis fases

- Análisis
- Diseño

- Desarrollo
- Implementación y
- Evaluación

Jonassen (2011) describe que son mínimos los requerimientos necesarios para realizar un ambiente de aprendizaje basado en problemas de diseño como se describen a continuación:

- a) Para un ambiente de aprendizaje de un problema de diseño, se requiere simplemente un problema a resolver
- b) Las personas buscan en sus conocimientos previos problemas similares y tratan de resolver el problema actual, las cuales están llenas de sesgos que pueden afectar al diseño del problema actual
- c) Se pueden utilizar también los estudios de caso , en donde se discuta el diseño en voz alta y posteriormente se puedan analizar e interpretar los resultados
- d) La argumentación se muestra como uno de los objetivos principales para la Toma de Decisión, debido a que el argumento justifica la decisión que se toma, teniendo en cuenta que los problemas de diseño presentan un proceso interactivo de toma de decisión, los estudiantes pueden aprender a desarrollar una justificación para cada decisión que estén tomando
- e) La construcción del modelo que se puede hacer con diferentes herramientas, las cuales pudieran ser clave para el proceso de diseño. El tipo de herramienta que se utilice dependerá de la naturaleza del diseño que se pretende construir

Los problemas de diseño dentro de este trabajo se contemplan como parte de la evaluación final del curso, por lo tanto se espera encontrar en el análisis los requerimientos propuestos por Jonassen (2011)

2.7 Aspectos tecnológicos

Se ha demostrado que el uso de la tecnología en la comunicación, está transformando la naturaleza de cómo se conduce el trabajo, así como el significado de las relaciones sociales (Binkley, *et al.*, 2010). Investigaciones de las últimas décadas, muestran cómo las prácticas sociales se potencializan debido al uso de las nuevas tecnologías, especialmente entre la gente joven (Bukingham y Willet, 2006 en Binkley, *et al.*, 2010),

Para llevar los cambios tecnológicos a la vida escolar, es necesario transformar la educación, de forma tal, que los estudiantes sean capaces de adquirir un pensamiento sofisticado, flexibilidad para la solución de problemas y habilidades de colaboración y comunicación, habilidades que pueden necesitar para lograr un mayor éxito tanto en el trabajo como en la vida personal (Binkley, *et al.*, 2010), por lo que se necesitan nuevos parámetros educativos, así como nuevas formas de evaluación.

2.7.1 Uso de la Tablet PC en Ingeniería

Las instituciones de educación superior, están explorando las maneras de ampliar las experiencias de aprendizaje a través del uso de las Tablet PC, como es el hecho de poder realizar en tiempo real la evaluación formativa de los estudiantes, esto es estudiantes equipados con una Tablet PC, a través de dispositivos digitales responden las preguntas del profesor y se las transmiten al instructor, el cual recibe las respuestas de manera instantánea (Kowalski, Kowalski y Gardner, 2009).

Construido bajo principios bien fundamentados en investigación educativa (Bransford, *et al.*, 2000), esto no solo activa la participación de los estudiantes en su aprendizaje, sino también incrementa la metacognición del estudiante y provee al instructor información relevante acerca de la evaluación formativa de los estudiantes (Chickering, *et al.*, 1987)

Existen una gran variedad de herramientas tecnológicas que permiten facilitar el intercambio entre el instructor y los estudiantes, algunas de estas herramientas son de uso

libre y otras se comercializan. Se han realizado estudios con algunas de las plataformas existentes como son: *DyKnow* (Berque, 2006; Enriquez, 2007), *Classroom Presenter/Ubiquitous Presenter* (Tront, 2005; Anderson *et al.*, 2006), *InkSurvey*, que es un software de uso libre, desarrollado en la Escuela de Minas en Colorado, con la finalidad de hacer el acopio de información acerca de evaluación formativa en tiempo real para estudiantes de ingeniería (Kowalski y Kowalski, 2007)

Este modelo de enseñanza puede realizarse de manera individual o colectiva, debido a que una de las fortalezas del modelo, es la habilidad del instructor para plantear preguntas de formato abierto y sondear el entendimiento del estudiante (Kowalski y Kowalski, 2007).

**Ambientes de aprendizaje para el desarrollo de habilidades metacognitivas durante la resolución de problemas:
estudio longitudinal en estudiantes de los últimos semestres de ingeniería química de la UDLAP**

Zaira Ramírez Apud López

3 METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla el diseño de investigación que se utilizó durante el estudio, para los diferentes rubros de investigación: Solución de problemas, metacognición y el uso de la tecnología en ambientes de aprendizaje

La investigación que se presenta consta de cuatro etapas de investigación.

Primera etapa se llevó a cabo en el periodo de Otoño 2012; se trabajó con estudiantes de 7º semestre, en la materia de “Cinética y Diseño de Reactores Homogéneos” (IQ-407), un análisis exploratorio de los aspectos a investigar; como son los la solución de problemas, desarrollo de habilidades metacognitivas y el papel de la tecnología en su aprendizaje por medio del uso de la Tablet PC. La información de estos aspectos se recabo a través de la técnica de observación y recolección de evidencias, así como por medio de una entrevista a profundidad y el análisis de videgrabaciones.

La *segunda etapa* se realizó durante el periodo de Verano 2012, donde se trabajó con los mismos estudiantes, que en este momento se encontraban en de 8vo semestre cursando la asignatura “Catálisis y Reactores Heterogéneos” (IQ-408). Se realizó un seguimiento de la primera etapa, obteniendo evidencias de los aspectos cognitivos, metacognitivos y tecnológicos a través de entrevistas a profundidad al grupo de estudio.

La *tercera etapa* se llevó a cabo durante el periodo de Primavera del 2012 durante el curso “Dinámica y Procesos de Control” (IQ-452), donde se continuo con el seguimiento de los estudiantes ahora cursando el 9no semestre, donde con base en la información recabada, se incorporan los ambientes de aprendizaje basados en solución de problemas, así como el análisis de los factores cognitivos en el proceso de solución de problemas, los aspectos metacognitivos por medio del análisis del Inventario de Conciencia Metacognitiva, y el impacto del uso de la tecnología en los procesos de aprendizaje, a través de una entrevista a profundidad.

Como una *cuarta etapa* se implementaron ambientes de aprendizaje a los nuevos estudiantes de la materia de “Cinética y Diseño de Reactores Homogéneos” (IQ-407) del 7º semestre para analizar los aspectos relacionados al desarrollo de habilidades para la solución de problemas, habilidades metacognitivas y el impacto de la tecnología en su aprendizaje.

3.1. Diseño de la Investigación

El presente trabajo se basa un estudio longitudinal¹ de una investigación participativa², que es una de las metodologías más utilizadas en los procesos de intervención educativa.

Su énfasis se centra en el hecho de que investigadores y educadores trabajan juntos en la planificación, implementación y análisis de la investigación que se lleva a cabo para resolver problemas compartiendo la responsabilidad en la toma de decisiones y en la realización de las tareas de investigación (Buendía y Salmerón, 1994; Bartolomé y Anguera, 1990:31; Amoros et al., 1993:111 en Bausela, 2003).

El análisis de resultados cuenta con una metodología de métodos mixtos³, donde se considera inclusión de una fase cualitativa y una fase cuantitativa (Burke y Onwuegbuzie, 2004).

¹ El significado del término longitudinal lo resumió Chin en 1989 como sinónimo de estudio de cohortes o seguimiento, mientras que para algunos estadísticos implica mediciones repetidas.

² La investigación participativa es una modalidad de investigación acción (Buendía y Salmerón, 1994). Su énfasis se centra en el hecho de que investigadores y educadores trabajan juntos en la planificación, implementación y análisis de la investigación que se lleva a cabo para resolver problemas compartiendo la responsabilidad en la toma de decisiones y en la realización de las tareas de investigación (Buendía y Salmerón, 1994; Bartolomé y Anguera, 1990:31; Amoros et al., 1993:111).

³ “El método mixto implica la recolección o análisis de los datos cuantitativos y / o cualitativos en un solo estudio en el que se recogen los datos de manera concurrente o secuencial, se les da una prioridad, e implican la integración de los datos en una o más etapas en el proceso de investigación”. Creswell et al. (2003 en Borrego y cols, 2009)

Dentro de la *fase cuantitativa* se realiza el análisis de la evaluación de habilidades metacognitivas, a través de una pre-prueba al comienzo del curso y una post-prueba al finalizar el curso, con la finalidad de observar si existen diferencias significativas entre la pre prueba y la post prueba de la aplicación del Inventario de Conciencia Metacognitiva.

En la *fase cualitativa* se realizó una *entrevista a profundidad*⁴, que se considera un formato de *entrevista programada*⁵, y de la cual se ejecuta un *análisis cualitativo de contenido*⁶.

Por lo anterior, la presente investigación pretende generar ambientes de aprendizaje para el desarrollo de habilidades en la solución de problemas que suelen resolver los estudiantes de ingeniería.

Dentro de las habilidades que se monitorean se encuentran las metacognitivas, que le permitirán al estudiante hacer un seguimiento consciente y regulado de sus propios procesos de aprendizaje.

De la misma manera, se analiza el papel del uso de la Tablet PC en los ambientes de aprendizaje, así como la perspectiva de los estudiantes con la herramienta durante el estudio longitudinal.

⁴ Se considera como una conversación que posee una finalidad (Berg, 1989; Dexter, 1970; Lincoln y Guba, 1985 en Maykut y Morehouse, 1994), donde los participantes están de acuerdo en ser entrevistados para ayudar a los propósitos de investigación del entrevistador (Maykut y Morehouse, 1994).

⁵ Es cuando el formato de entrevista consiste en un conjunto detallado de preguntas abiertas (Maykut y Morehouse, 1994)

⁶ Se entiende por análisis de contenido “una aproximación empírica, de análisis metodológicamente controlado de textos al interior de sus contextos de comunicación, siguiendo reglas analíticas de contenido y modelos paso a paso, sin cuantificación de por medio” (Mayring, 2000, párrafo 4 en Cáceres, 2003). “El análisis de contenido es una técnica de investigación para la descripción objetiva, sistemática y cuantitativa del contenido manifiesto de la comunicación” (Berelson 1952; en Bardin, 1991, p:14)

Los ambientes de aprendizaje se basaron en las siguientes estrategias:

- a) Se clasificaron los problemas que se aplicarían a los estudiantes, según la clasificación de Jonassen (2011)
- b) Los problemas fueron aplicados a los estudiantes en orden de complejidad, siendo las problemáticas más básicas al comenzar el curso (Story Problem), aumentando el grado de complejidad hasta alcanzar al final del curso los problemas más complejos (Desing Problem).
- c) Se aplicó el Inventario de Conciencia Metacognitiva en diferentes momentos durante los cursos.
- d) Se analiza el papel de las tecnologías en la resolución de problemas como en las habilidades cognitivas desarrolladas.

3.2. Primera Etapa

3.2.1. Contexto

Durante esta primera etapa se trabajó en el curso de “Cinética y Reactores Homogéneos” (IQ-407), para estudiantes del 7º semestre de la Licenciatura en Ingeniería Química; el cual fue impartido en el periodo de Primavera 2012; contando con una población total de cuatro estudiantes, cabe mencionar que el curso ya se encontraba en proceso cuando se planteó la intervención educativa, por lo que se comenzó con un estudio exploratorio para ir identificando los aspectos relacionados con “Proceso para la solución de problemas”, “Habilidades Metacognitivas”, así como el “Uso de la tecnología para potencializar los aprendizaje a través de la Tablet PC”.

Durante esta etapa y considerando la población total del grupo se tuvo la posibilidad de proporcionarles una Tablet PC, cada uno de los participantes, así como el instructor del curso, para que la utilicen durante todo el semestre de manera permanente.

3.2.2. Procedimiento

Solución de problemas

Durante esta etapa el trabajo consistió en hacer una revisión de los problemas involucrados en el programa de asignatura para clasificarlos conforme a la tipificación propuesta por Jonassen (2011) con respecto a su complejidad. Se aplicaron diferentes tipos de problemas según la clasificación de Jonassen (2011), un ejemplo de cómo fueron planteados a los estudiantes se presentan en el Anexo I.

Los problemas que se aplicaron son los de tipo Story problems, Troubleshooting, Decision Making y al finalizar el curso se aplicó un Problema de Diseño. Cabe mencionar que por tratarse de una etapa de exploración, las evidencias obtenidas para el caso de los Story Problems, Troubleshooting y Decision Making no fueron analizadas, no así para el Problema de Diseño. El proceso de solución que desarrollaron los estudiantes para el *Problema de Diseño* fue videograbado para su posterior análisis.

El análisis del video se realizó efectuando una pequeña transcripción de los comentarios donde se considera que los estudiantes hacen referencia a los procesos cognitivos desarrollados. Cabe mencionar que la evaluación que la validez de los resultados estuvo a cargo de la docente responsable de la asignatura.

De la misma forma, se muestran algunas de las imágenes que muestran evidencia del proceso cognitivo que siguen los estudiantes al resolver un problema, que en este caso se trata de un problema de diseño

Finalmente se presentan, los pasos que se considera siguieron los estudiantes para resolver su problema de diseño, así como los procesos cognitivos y habilidades cognitivas que se evidencian durante el proceso.

Habilidades Metacognitivas

Para evaluar las habilidades metacognitivas que desarrollaron los estudiantes durante este estudio preliminar, se aplicó al finalizar el semestre, una entrevista con base en algunos de los reactivos del Inventario de Conciencia Metacognitiva (MAI, por sus siglas en inglés) propuesto por Schraw y Dennison (1994), con la finalidad de obtener evidencias acerca de cómo estas habilidades son identificadas por los estudiantes.

Al finalizar el curso se aplicó un cuestionario, con la finalidad de obtener la percepción de los estudiantes con respecto a los aspectos metacognitivos, utilizando una escala de Lickert para evaluar los aspectos metacognitivos, donde se consideraron las opciones de respuesta “SI”, “EN OCASIONES” y “NO” (Anexo II)

Aspectos tecnológicos

Una vez que los estudiantes contaban con una Tablet PC, el instructor realizó diversas actividades con diferentes software educativos como son *OneNote*, *InkSurvey*, *Classroom Presenter*, para ir introduciendo a los estudiantes en el manejo de la Tablet PC

Con el *OneNote* los estudiantes tuvieron la posibilidad de llevar una libreta digital, aunque por tratarse de un estudio exploratorio se les daba la elección de utilizarlo, el *Ink Survey* pudieron resolver algunos acertijos (*puzzles*) relacionados con su disciplina y finalmente el *Classroom Presenter* fue uno de los software más utilizado durante el curso por la capacidad de poder reproducir, modificar los archivos presentados en clase, así como el interactuar en espacio y tiempo con los estudiantes para una retroalimentación oportuna.

Para evaluar los aspectos tecnológicos, se aplicó un cuestionario con preguntas abiertas para conocer la percepción de los estudiantes ante el uso de la Tablet PC, el cuestionario completo se presenta en el Anexo II.

3.3. Segunda etapa

3.3.1. Contexto

Durante esta etapa se trabajó con el curso “Catálisis y Diseño de Reactores Heterogéneos” (IQ408), el cual se considera la continuación del curso anterior (IQ407), en el periodo de Verano 2012

Cabe mencionar que en el curso complementario (IQ-408), se produjo una reducción en la matrícula del curso, por lo que la población total fue de tres estudiantes

Al finalizar el semestre se les aplicó un cuestionario para analizar el desarrollo de habilidades durante la solución de problemas, habilidades metacognitivas, así como su percepción con el uso de la Tablet PC durante el semestre (Anexo III).

Se debe considerar que el cuestionario aplicado durante el segundo curso (IQ-408), tuvo algunas modificaciones en relación al aplicado en el primer curso (IQ-407), con la finalidad de obtener mayor información por parte de los estudiantes; esto es, se amplió la escala de Likert. El cuestionario completo se presenta en el Anexo III.

3.3.2. Procedimiento

Solución de problemas

Al finalizar el curso IQ408, se aplicó un problema de diseño, sin embargo los estudiantes pidieron no ser videograbados por lo que el análisis se realizó con base en el cuestionario aplicado al finalizar las presentaciones.

En el cuestionario se incorporan reactivos relacionados con el desarrollo de la solución del problema final (*Problema de diseño*), con la finalidad de conocer la percepción de los estudiantes, en un enfoque comparativo con el Problema de Diseño que desarrollaron en el curso anterior. Los reactivos aplicados Se muestran en el Anexo IV

Para esta entrevista se realizaron preguntas abiertas que le permitieran comentar al estudiante su experiencia personal con relación a este tema

Habilidades Metacognitivas

Con relación a las habilidades metacognitivas se les aplicó el mismo cuestionario que respondieron al finalizar el curso anterior. Sin embargo, para este apartado se consideró a diferencia de la primera entrevista, aumentar las categorías de respuesta en la escala de Lickert Anexo IV, resultando la escala siguiente

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No_____

Aspectos tecnológicos

Para el seguimiento del monitoreo en el segundo curso (IQ408) se realizaron algunas modificaciones dentro del cuestionario considerando que los estudiantes ya habían tenido acceso a la herramienta durante el primer curso, con lo cual se pretende obtener más información acerca del uso de la tecnología durante el segundo curso

- ¿Te gustó usar una Tablet PC? ¿Por qué?
- ¿Consideras que el uso de la Tablet PC tuvo algún impacto en tu aprendizaje?
¿Cómo se dio?
- ¿Crees que haya una mayor participación en clase utilizando una Tablet PC?
- ¿Qué potencial crees que tiene una Tablet PC en tu aprendizaje?
- ¿Crees que tiene alguna desventaja utilizar una Tablet PC durante la clase? ¿Cuál?

La entrevista completa realizada a los estudiantes durante esta etapa se muestra en el Anexo IV.

3.4. Tercera etapa

3.4.1. Contexto

En esta etapa se trabajó con la materia de “Dinámica y Procesos de Control” (IQ-452), durante el periodo de Otoño 2012, terminando el seguimiento efectuado a los tres estudiantes de los cursos anteriores (IQ-407; IQ- 408).

Para esta etapa se aplicó el Inventario de Conciencia Metacognitiva (Anexo VI), al comenzar el curso, cabe mencionar que no fue posible aplicar el Inventario al finalizar el curso debido a que los estudiantes tienen como prioridad trabajar en su proyecto de tesis de titulación.

En el caso de los aspectos tecnológicos se realizó una entrevista a profundidad a los estudiantes del curso, acerca de la percepción en el uso de la Tablet PC durante los tres cursos consecutivos que la utilizaron.

3.4.2. Procedimiento

Resolución de problemas

Durante este curso (IQ452) y como parte de la evaluación final se aplicó un problema de diseño cuyo grado de complejidad requería la participación de los tres estudiantes para solucionar diferentes aspectos del problema que estaban relacionados.

Para la presentación de este proceso fueron invitados varios profesores con la finalidad de evaluar el trabajo final. Cabe señalar que el motivo de evaluación era el *proceso* seguido para la solución del problema y no la solución disciplinaria del problema, por lo cual los docentes que asistieron pertenecían a varias disciplinas y la evaluación técnica quedó a cargo exclusivamente de la docente del curso

Para evaluar el desarrollo de la solución del problema de diseño se utilizó una rúbrica propuesta por Dym y Little (2004), para evaluar el proceso de Problemas de Diseño en el Área de Ingeniería.

Los parámetros utilizados para la evaluación del proceso son los siguientes.

Parámetro a Evaluar	Excelente		Suficiente		Pobre	
	6	5	4	3	2	1

La rúbrica utilizada se presenta en el Anexo V.

Aspectos metacognitivos

Para evaluar las habilidades metacognitivas, se aplicó el Inventario de Conciencia Metacognitiva, cabe mencionar que en los cuestionarios anteriores, se aplicaron solo algunos de los reactivos del inventario y para esta etapa del estudio se les aplicó el Inventario completo que consta de 52 reactivos (Anexo VI)

La evaluación del Inventario se realizó con base en una escala arbitraria del 1 al 20, debido que en el estudio original los autores (Schraw y Dennison, 1994), manejaron una escala del 1 al 100 y se consideró que ésta era demasiado amplia para los estudiantes y podría generarles confusión.

Aspectos tecnológicos

Respecto a los aspectos tecnológicos se realizó una entrevista a profundidad para conocer la percepción de los estudiantes respecto al uso de la Tablet PC durante los tres semestres consecutivos que la pudieron utilizar de forma permanente

Los reactivos utilizados en esta entrevista forma parte del trabajo realizado por Gutiérrez - Cuba y cols (2011) aplicada a estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, así como estudiantes de posgrado. Las preguntas se presentan en el Anexo VII

Para este estudio se pretende conocer la percepción de los estudiantes a un año y medio de haber utilizado la Tablet PC, -recordando que cada uno de los estudiantes fue dotado con una Tablet PC para su uso personal durante este tiempo - , para lo cual se realizó una entrevista a profundidad.

Los programas que se utilizaron durante el curso fueron *Classroom Presenter* y *OneNote*, sin embargo, se espera observar si los estudiantes utilizaron algunas de las aplicaciones para otras materias

3.5. Cuarta etapa

3.5.1. Contexto

Durante esta etapa de aplicaron los *Ambientes de Aprendizaje Basados en la Solución de Problemas* a un nuevo grupo de estudiantes que cursaban la Licenciatura en Ingeniería Química del 7º semestre, dentro del curso “Cinética de Reactores Homogéneos” (IQ407). El curso se impartió durante el periodo de otoño 2012 contando en esta ocasión con una población total de 8 estudiantes.

3.5.2. Procedimiento

Solución de problemas

Para este curso se aplicaron los problemas que habían sido clasificados desde el curso IQ-407 que se había ofertado durante primavera 2012.

Junto con cada solución de los diferentes tipos de problemas, se les aplicó una pequeña encuesta, acerca de los reactivos del Inventario de Conciencia Metacognitiva que estaban relacionados con la complejidad del problema. Los Story Problems se muestran en el Anexo VIII, los Troubleshooting Problems se encuentra en al Anexo IX y los Decision Making se muestran en el Anexo X, la encuesta fue aplicada a través de la plataforma instruccional que maneja la Universidad.

Con las evidencias obtenidas se realizó un análisis con la ayuda de la experta en la materia (Dra Nelly Corona), para observar el proceso de solución, el grado de confiabilidad de los estudiantes en sus resultados, así como la evaluación de los reactivos de habilidades metacognitivas relacionados al tipo de problema que resolvieron.

Un ejemplo de los resultados para la solución del Story problema, se muestra en el Anexo XI, los resultados del proceso para el Troubleshooting se muestra en al Anexo XII.

Al finalizar el curso, los estudiantes desarrollaron por equipos de dos integrantes la solución de un problema de diseño, el cual permitieron fuera video-grabado para su posterior análisis. El análisis del video se realizó exactamente igual que durante la primera etapa cuando se videograbó el problema de diseño.

Se realiza una pequeña transcripción en donde se evidencian los procesos cognitivos, de igual forma se plasman imágenes del video donde se justifican los proceso y finalmente se correlaciona el proceso con las habilidades cognitivas que se están desarrollando durante el proceso.

Aspectos metacognitivos

Para el análisis de los procesos metacognitivos, se aplicó el Inventario de Conciencia Metacognitiva, al comenzar y al finalizar el curso como parte de un análisis de pre y post prueba (Anexo VI), aplicando la misma escala de evaluación que se propuso en la etapa tres.

Con la finalidad de conocer el desarrollo de habilidades metacognitivas al momento de resolver problemas, durante el proceso de solución de problemas se realizó una pequeña encuesta que contenía algunos de los reactivos del Inventario de Conciencia Metacognitiva.

La elección de los reactivos aplicados a cada uno de los problemas está relacionada por una parte con el nivel de complejidad del problema y por la otra con la complejidad del

conocimiento según la clasificación de los mismos autores del Inventario y se aplicaban a los estudiantes conforme el tipo de problema que estaban resolviendo.

Para los Story Problems, se tomaron aquellos reactivos que consideraban un *Conocimiento Declarativo* (DK), para los Troubleshooting Problems se consideraron los reactivos relacionados con *Conocimiento Procedural* (PK) y *Conocimiento Condicional* (CK), los reactivos que se consideran para Decision Making Problems son los relacionados con *Monitoreo* (M) y *Planeación* (P). Finalmente para los problemas de Diseño, los reactivos considerados están relacionados con *Evaluación* (E), *Manejo de Información Estratégica* (IMS) y *Depuración Estratégica* (DS) como se muestra en el Anexo XII .

La clasificación de los reactivos MAI con respecto a los diferentes tipos de problemas se presenta en el ANEXO XIII.

Aspectos tecnológicos

Para esta etapa los estudiantes hicieron uso de las Tablet PCs únicamente durante la sesión de clase, debido a que se trataba de un grupo un poco más numeroso, por lo que no fue viable dejarles la Tablet PC durante todo el semestre.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1 Solución de problemas

Se presenta el desarrollo de las diferentes estrategias utilizadas para la resolución de problemas a través de las diferentes etapas dentro de este estudio.

1.1.1 Primera etapa

La implementación inicial de los ambientes de aprendizaje fue de manera exploratoria dentro del curso IQ-407, con la finalidad de proveer evaluación formativa durante el curso. Sin embargo se realizó un análisis de la solución del problema final de la asignatura. Este proyecto final, fue asignado alrededor de las últimas semanas del semestre otoño 2011, los estudiantes tuvieron cerca de una semana para desarrollar su propuesta de solución.

Se les pidió a los estudiantes realizar una presentación formal de la metodología propuesta en la solución del problema planteado, los resultados obtenidos, así como sus conclusiones finales. La presentación fue video grabada para realizar de manera posterior un análisis detallado.

El análisis de esta presentación permitió identificar en los estudiantes la capacidad para resolver problemas que se presentan en el área laboral, así como sus habilidades para argumentar sus decisiones.

Se debe tener en cuenta que la definición del problema es el primero de los pasos para poder llegar a una solución correcta, para lo cual los estudiantes mencionaron que necesitaron hacer un diagrama del proceso (por una representación gráfica del problema), para identificar los datos disponibles, así como la información faltante para la solución del problema.

Posteriormente, su estrategia involucró dividir el problema dentro de dos subproblemas: el modelo de desarrollo matemático y el análisis de alternativas. Para desarrollar el modelo matemático, los estudiantes trabajaron juntos como un equipo (Aunque cada uno construyó su propio modelo, éste fue revisado por todos los miembros del grupo a manera de validación), para a continuación trabajar individualmente para evaluar las alternativas de los procesos de operación.

Teniendo en cuenta que se trató de un problema abierto, se generaron un gran número de alternativas de solución, es por esta razón que los estudiantes tuvieron que definir una metodología que le permitiera definir el número de escenarios a evaluar. Cada uno de los estudiantes generó al menos tres posibles soluciones al problema.

A lo largo de la presentación de los estudiantes, el instructor a cargo (Dra Ramírez Corona), realizó algunas preguntas clave para que los estudiantes pudieran construir los argumentos que apoyaban su decisión.

Al final de la presentación, los estudiantes mencionaron el hecho de que era muy difícil seleccionar “*las condiciones óptimas de operación*” o “*la mejor solución*”, debido a que se necesitaba evaluar algunos otros aspectos que no se encontraban disponibles en el problema de diseño que se les aplicó (por ejemplo: económicos o ambientales).

Cabe señalar que a lo largo de la presentación de los estudiantes, se observó el manejo de las habilidades propuestas por Anderson (2001) a la taxonomía de Bloom, como es el manejo de conocimientos *factuales* – al reconocer los hechos con los que cuentan y los que les faltan para poder resolver el problema- , *conceptuales* – donde se observa el manejo de terminología, conceptos e información que es relevante para comprender el problema - , *procedurales* – en donde los estudiantes son capaces de proponer de dos a tres procesos de solución para el problema planteado- y *metacognitivos* – los cuales se pudieron evidenciar al hacerles preguntas que les llevarán a reflexionar, argumentar y externalizar el proceso de solución del problema.

Para la dimensión del proceso cognitivo, se observaron algunas de las habilidades cognitivas tales como *recordar* – debido a que necesitaban hacer uso de información revisada durante el curso y en los cursos anteriores -, *entender* – la problemática planteada para poder resolverla- , *aplicar* – al utilizar las herramientas metodológicas y cognitivas durante la solución del problema-, y *evaluar*- cada una de las posibles soluciones que dieron al problema.

Como ya se mencionó anteriormente, este problema de diseño final fue planteado para evaluar los resultados de aprendizaje esperados. De manera general, los estudiantes tuvieron la capacidad de organizar y reconocer la información de utilidad, obtener los datos faltantes y desarrollar un modelo matemático que representara el estado del problema, así como evaluar diferentes escenarios para lograr el objetivo especificado.

Los resultados obtenidos del análisis del video e realiza una pequeña transcripción de comentarios donde se considera los estudiantes hacen referencia a procesos cognitivos desarrollados. Cabe mencionar que la evaluación que la validez de los resultados estuvo a cargo de la docente responsable de la asignatura.

De la misma forma, se muestran algunas de las imágenes que muestran evidencia del proceso cognitivo que siguen los estudiantes al resolver un problema, que en este caso se trata de un problema de diseño

Finalmente se presentan, los pasos que se considera siguieron los estudiantes para resolver su problema de diseño, así como los procesos cognitivos y habilidades cognitivas que se evidencian durante el proceso.

Alumno1 (A1)

Docente (D)

D: ¿Cómo resolviste el problema?

A1. Primero leí todo el problema, posteriormente hice el esquema (Imagen 1) para darme una idea de cómo era el proceso y empecé a poner los datos que me dan una conversión...

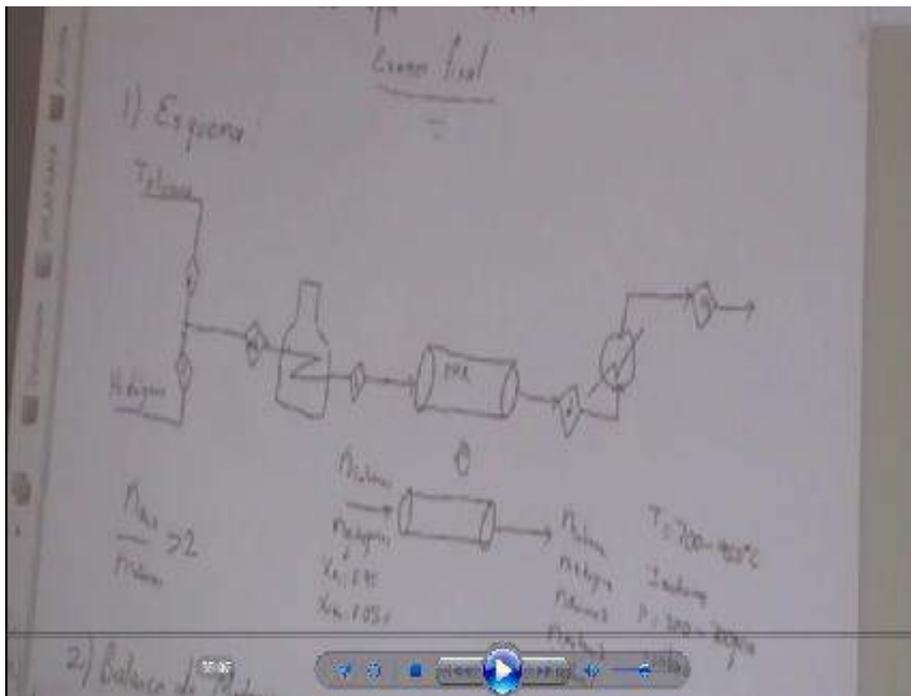


Imagen 1. Representación gráfica del modelo en el estudiante 1

D: ¿Cuántas variables tenías que determinar de todo tu modelo

A1. De todo el modelo fueron como veinte variables. No conté precisamente.

D. Pero las que tú ibas a variar

A1. Si, fue la presión la temperatura, el volumen del reactor, y la relación de los flujos de entrada

Nota: El estudiante tiene la capacidad de distinguir las principales variables que están involucradas en el modelo.

D: ¿Cómo fuiste haciendo tú análisis?

A1. Lo primero que hice fue variar el volumen del reactor, escoger... la mejor opción, la que cumpliera con todas las especificaciones, la que tuviera la mejor conversión... que cumpliera todas las restricciones.

D: Cuál fue la parte más complicada

A1. Para mí siempre fue la cinética

D: En el modelo

A1. No más bien para analizarla, sí la puedo plantear pero igual en el análisis ya más profundo no puedo. Ahí sí siempre se me complica, porque el balance y la estequiometria como sí la hemos practicado muchísimo, la entiendo más, la puedo captar pero igual el análisis, creo que no lo hago súper rápido, igual tengo que estudiar por mi parte. Fueron dos factores que influenciaron la cinética siempre se me ha complicado un poco más analizarla.

D:¿ Cuándo definiste la metodología para elegir tus escenarios ahí hubo algo que fuera complicado o no

A1. No porque usé la metodología que tú nos dabas, de que primero había que leer el problema, bueno hacer el diagrama y plantear los balances de materia, fue lo que hice en todos los problemas del curso.

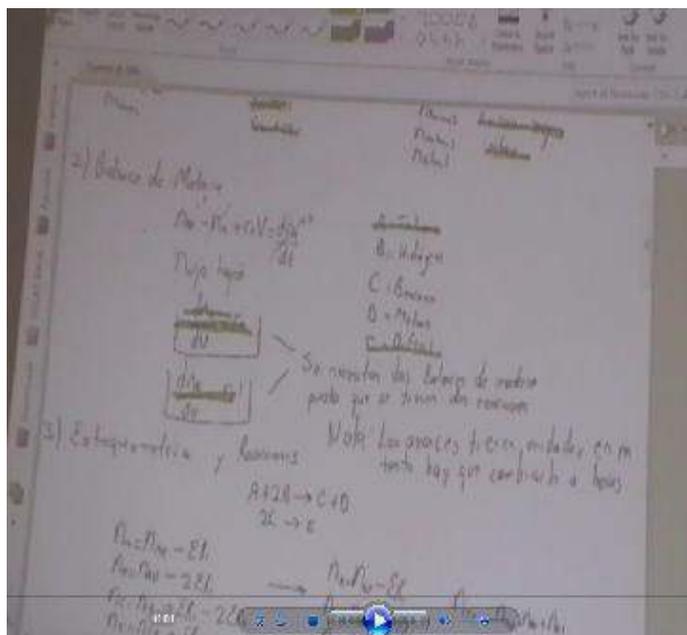


Imagen 2. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el estudiante 1

En el video se puede apreciar cómo enlista el proceso metodológico que fue siguiendo para resolver el problema, lo que nos indica que el estudiante tiene la capacidad de identificar un conocimiento conceptual y procedural el cual se encuentra bien estructurado.

D: Cuando les pedí que escribieran, esa parte, ¿qué tan complicada fue...?

A1. Se me complicó un poco porque... si son muchas las situaciones en las que a una variable le afecta.

D: De los resultados que viste, ¿hubo alguno que te llamara la atención? que dijeras ¿nunca me imaginé que tuviera este comportamiento?

A1. En las presiones, bueno, si me sorprendió un poco, porque yo esperaba que la presión aumentara, las demás variables si salían como yo esperaba que se comportaran.

Nota: A pesar de que el estudiante se muestra sorprendido por la reacción de una variable, menciona que las demás variables se comportaron como esperaba, lo que muestra la capacidad de predicción que maneja el estudiante.

Nota en el video se aprecia que el estudiante establece una serie de posibles escenarios de solución para obtener la que considera es la óptima y así lo argumenta durante el video, para cada uno de los escenarios (Imagen 3).

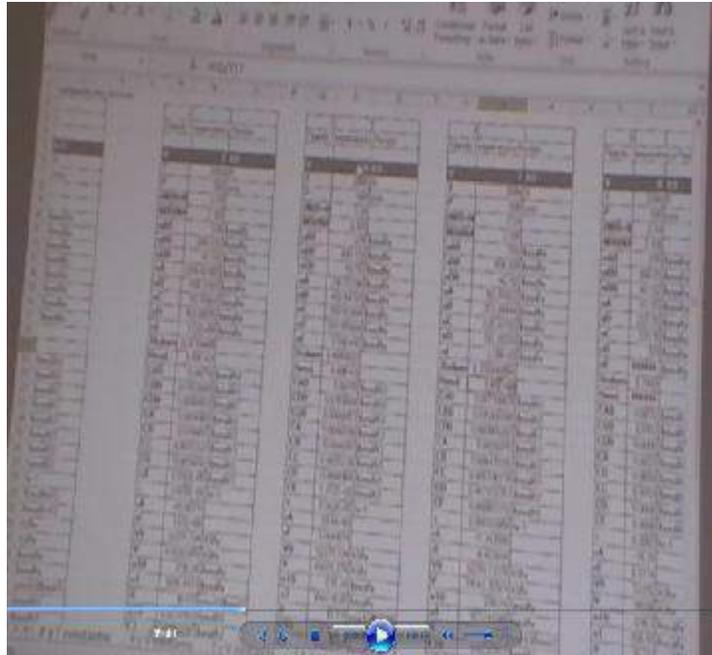


Imagen 3. Planteamiento de diversos escenarios de solución del estudiante 1

Finalmente se aprecia en el video que estudiante argumenta la solución que escogió para la solución de su modelo (Imagen 4)

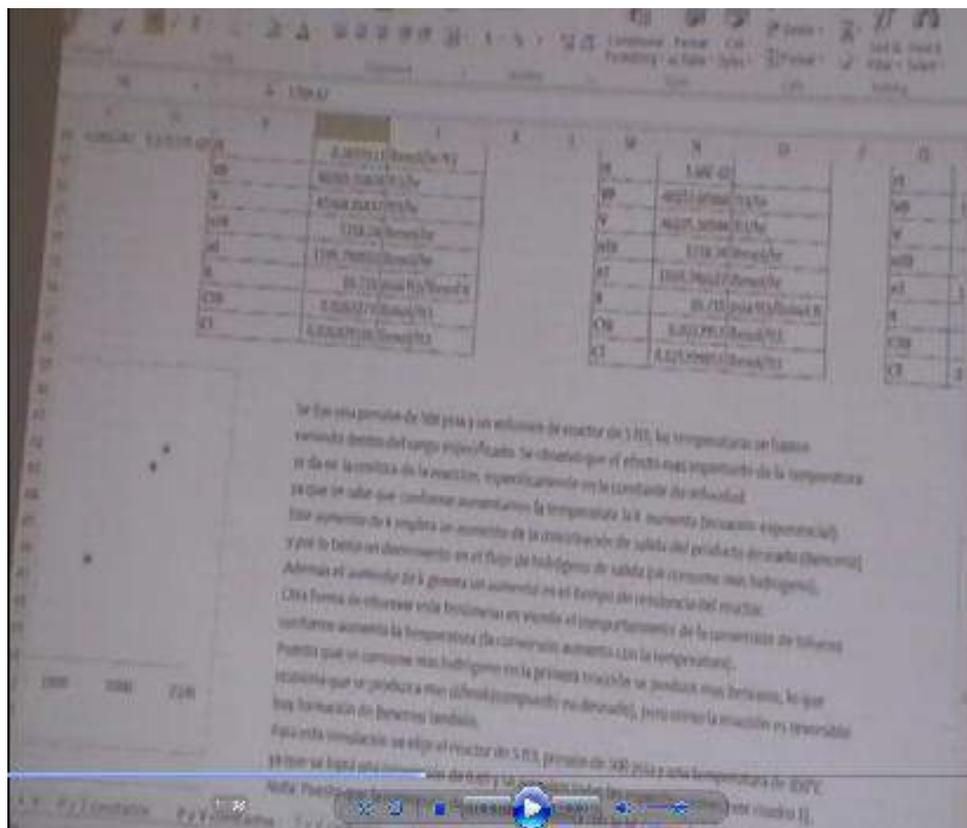


Imagen 4. Análisis y conclusiones del problema del estudiante 1

Alumno2 (A2)

D. Quiero que me platiques cómo resolviste el problema

A2. Primero lo leí, varias veces para entender, de qué trataba el problema, luego lo primero que hago siempre, no sé si esté bien, es dibujarlo, dibujar el reactor. Yo soy mucho de anotar, todos los datos que me da, y luego se me facilita escribir las reacciones con letras, en lugar de como nos la diste. Fue lo que hice... Para entender lo que estoy haciendo siempre pongo como las relaciones...

Nota: el estudiante reconoce el proceso metodológico que realiza al resolver un problema, lo que evidencia el desarrollo de habilidades metacognitivas, al estar consciente de su propio proceso metodológico (Imagen 5 y 6)

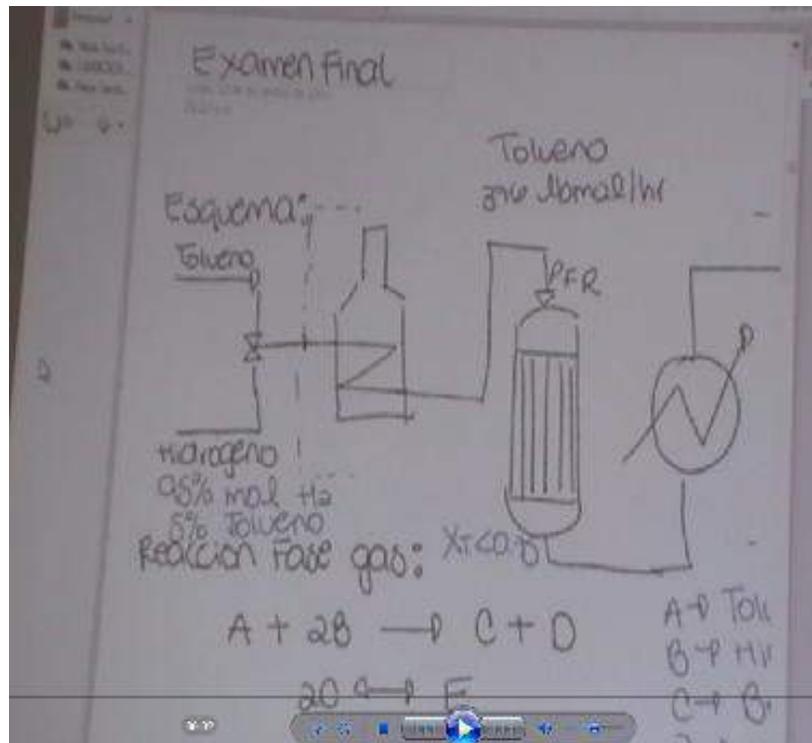


Imagen 5. Representación gráfica del modelo en el estudiante 2

Handwritten mathematical work on a whiteboard. At the top, there is a chemical reaction: $2O \rightleftharpoons E$. Below it, the word "Estequiometria:" is written. The equations are:

$$\dot{n}_B = \dot{n}_{B0} - 2\xi_1$$

$$\dot{n}_C = \dot{n}_{C0} + \xi_1 - 2\xi_2$$

$$\dot{n}_O = \dot{n}_{O0} + \xi_1$$

Below these, there is a section titled "Balance de masa:" with two differential equations:

$$\frac{d\dot{n}_A}{dt} = \dot{V}A \quad (1)$$

$$\text{Si } \dot{V}A = \dot{n}_{A0} - \xi_1$$

$$d(\dot{n}_{A0} - \xi_1)$$

On the right side of the whiteboard, there are some notes: "Empezó Presión Ho/To".

Imagen 6. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el estudiante 2

D. Cuantas variables tenías que analizar

A2. Volumen temperatura, presión y la conversión...Lo primero que hice fue suponer una reacción de alimentación mayor, supuse un volumen.

D. Porqué fijaste en esos valores, esas tres variables

A2. Es un problema abierto y no sabes por dónde empezar, no te da una restricción de qué volumen debe de tener solo te dice que te da los datos de entrada, primero necesito saber qué presión y puedes suponer sí es un reactor ideal o sí tú lo vas a diseñar puedes empezar suponiendo la relación. Siempre y cuando cumple con las restricciones, lo que hice fue encontrar una temperatura, ni muy alta, ni muy baja y empezar a variar la presión.

Nota: el estudiante muestra en el video la habilidad de reconocer variables, así como la estructura del problema

D. De todas las reacciones que estuviste haciendo hubo alguna que te llamara la atención, que no te esperaras esa respuesta

A2. Es que no sé,... no me esperaba que si fijabas una presión moderada, y aumentabas la temperatura ya no se cumplía algo (restricciones), yo pensé que se iba a compensar eso, porque la presión tenía mucho que ver cuando fijabas las condiciones de operación.

D. Que fue lo que se te hizo más difícil

El análisis porque lo dejas abierto y la verdad traté de cumplir con las restricciones... empiezas a hacer una mescolanza y cuando te das cuenta, ya no sabes qué hacer, fue lo que a mí me pasó... estuvo padre, como que sí te hizo pensar mucho. Me siento novata en esto... Siento que tenías mucho rango de dónde escoger...

D. ¿El modelo del reactor?

A2. No me costó trabajo... lo único es que no sabía ni por dónde empezar... me gustó el problema, estaba fácil plantearlo, a mí no me costó trabajo. Lo que me costó trabajo a lo mejor eran las unidades... pero no, no me costó trabajo, modelar el sistema... Me pareció bastante interesante y sentí que apliqué todo lo que vimos bien en el semestre... Pero lo más difícil fue... que tú no nos diste un parámetro, cumplan con esto pero realmente no fue muévanse por aquí... sino realmente tú eliges

Nota: En el video se observa que el estudiante plantea diversos escenarios, para elegir la que considera viable, así como presenta un análisis del escenario que presenta (Imagen 7).

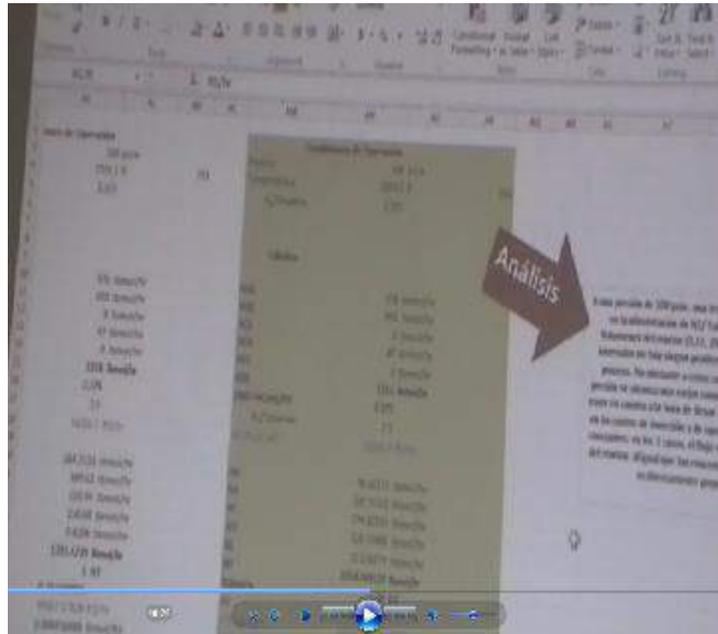


Imagen 7. Planteamiento de diversos escenarios de solución del estudiante 2

D. Hicieron una práctica en aspen de un reactor tubular. ¿Qué tan fácil se les hizo analizar en esa ocasión los datos y que tan fácil se les hizo ahora? Era algo parecido...

A2. Más fácil ahorita

D. ¿Por qué? ...el modelo es el mismo

A2. Porque de cierta forma primero tienes que entender como armar el problema. Aspen solo metes datos y te lo da todo, pero ahorita que a lo mejor tú lo haces desde hacer el diagrama, el balance, y todo, después de hacerlo tanto tiempo, en este examen fue así de ya me salió a la primera porque ya entendí qué es lo que necesito lo que tengo que hacer...

(Imagen 8)

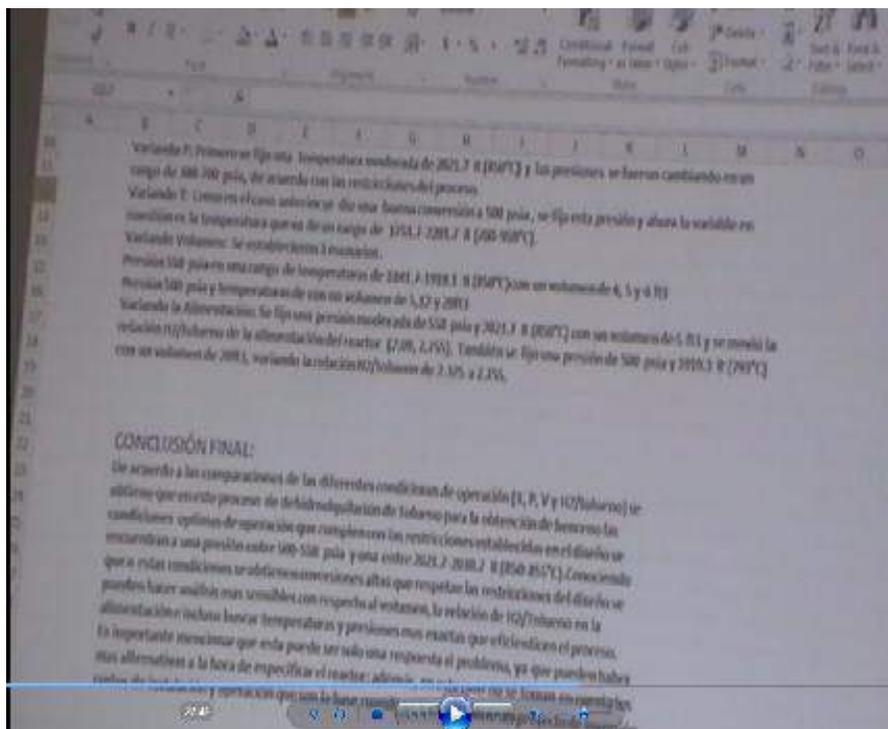


Imagen 8. Análisis y conclusiones del problema del estudiante

Nota: El estudiante reconoce el no tener complicaciones para solucionar otro tipo de problemas, debido al entender el proceso metodológico para la solución de problemas, lo que nos indica el proceso metacognitivo del estudiante al comprender cómo aprende en la resolución de problemas.

Nota: Durante el video, el estudiante menciona en dos ocasiones que sus apuntes en la libreta que le ayudaron a resolver su problema. A este alumno durante todo el curso le costó más trabajo familiarizarse con el uso de la Tablet PC.

Alumno 3

D: Quiero que me platiques ¿Cómo resolviste el problema?, es decir ¿qué hiciste para resolver el problema?

A3: Primero lo leí ahí en la hojita y subrayé qué es lo que te pedía y lo que te daba, entonces ya lo empecé a dibujar y ya dibuje mi reactor es este CPFR y ya ahí te pedía el volumen (Imagen 9)

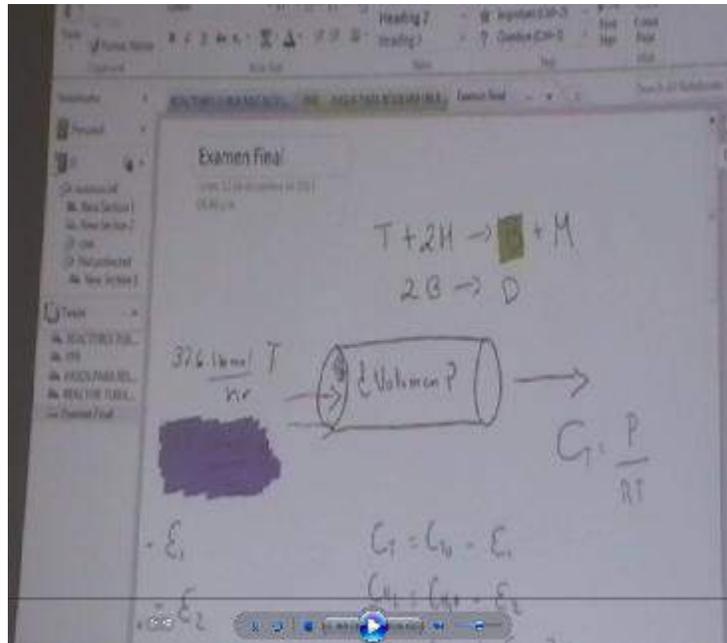


Imagen 9. Representación gráfica del modelo en el estudiante 3

Nota: En el video el estudiante menciona los pasos que siguió, sin embargo no se encuentran secuenciados ni especificados como en el caso de sus compañeros que presentaron anteriormente, lo que habla de que tiene una organización de los datos interna, pero es difusa al momento de establecer los pasos como proceso (Imagen 10).

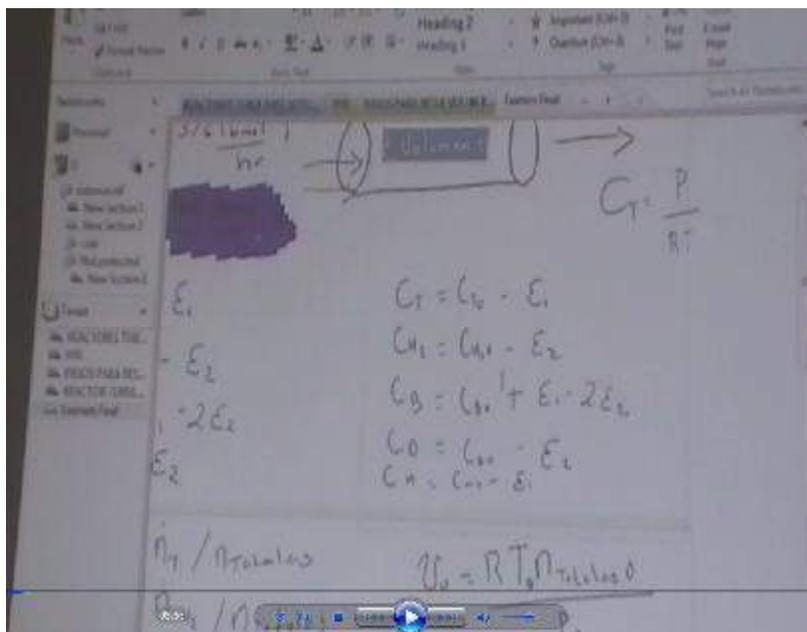


Imagen 10. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el estudiante 2

D: Esas concentraciones, si estas tomando en cuenta que el flujo volumétrico está cambiando

A3: no, eso no lo anoté ahí pero ya cuando lo corrí en Polimath, si pues aquí está

D: entonces ten cuidado en cómo escribes tu modelo, porque en tu modelo, ahí no es cierto

A3: si por que van a cambiar

D: porque no es la concentración final al inicio y el avance de reacción...entonces con eso hay que tener cuidado, porque ahorita tú lo resolviste pero si le das a alguien que te lo resuelva con esas ecuaciones no sale lo que dices.

D: Problemas hasta aquí...

A3: No

Nota: a pesar de que el estudiante menciona no presentar contrariedades en la solución de problemas, el docente le hace ver que existieron variables que no consideró en el análisis de los datos.

D. ¿Qué te costó más de todo el proyecto? ¿Cuál fue la parte que se te hizo más difícil?

A3. Como que tuve que observar qué cambiaba, analizar así más profundo porqué cambiaba... Porque todo está en función de todo y ver qué era lo que más afectaba, eso me costó más trabajo

D. ¿El planteamiento del modelo?

A3. Al principio sí porque como que decía tú elige la temperatura, tú elige la presión, entonces dije ¿con qué empiezo? O ¿cómo? Voy a empezar de una muy grande

D. Me refiero a la primera parte, al modelo, antes de que empieces a variar cosas

A3. No, no tuve ninguna complicación

D. De los resultados que tuviste qué te llamó la atención... qué no esperabas ver

A3. Lo del tiempo de residencia, que no porque tengas uno muy grande no va a reaccionar mucho... que el flujo volumétrico y la concentración se comportan al revés y es que como aquí era un gas, y le cambiabas la presión te afectaba la velocidad...

D. ¿Sí viste que tu decisión va a afectar el diseño de lo que sigue?

A3. Si

D. Adelante del reactor quien va en este proceso

A3. No me acuerdo quién va

NOTA: Revisa el portal del portafolio para buscar la información del proyecto

D. con qué parte trabajaron ustedes, tú ya tomaste una decisión... como tu decisión afecta el diseño de todo el proceso

A3. Aquí sigue un intercambiador (comienza a explicar el diagrama), va a cambiar todo

D. De quién depende el diseño del proceso

A3. depende del reactor...

D. Si yo te digo se ve que está bien diseñado, ya lo voy a construir, ¿qué necesitaría para estar segura de que esa es tu mejor opción? ¿Qué hace falta?

A3. Lo pondría todo en ASPEN y lo correría

D. Qué crees que tiene el ASPEN de diferente de lo que tú hiciste

A3. Nada que lo hace todo automático... le tienes que meter las constantes, velocidades, alimentar con temperatura, presión y con los flujos y componentes, hace lo mismo

D. Los costos. Son importantes? ¿Crees que eso haga que cambies tu decisión?

A3. Sí son importantes porque quieren que trabaje bien y no todos cuentan con todo el dinero del mundo tienen techo y sí habría que cambiar mi decisión...

NOTA: El estudiante analiza sólo una parte del proceso,- que fue la que le tocó- , pero al momento de ver completo el modelo asume que podría que cambiar su decisión. De la misma manera plantea una serie de escenarios para la resolución del problema de diseño (Imagen 11).

	A	B	C	D	E	F	G	H
TEMPERATURA		950 °C		1742 °F		2000 R		
PRESION		500 PSIA						
CONSTANTE		10.73159 ft ³ po ³ /lb/A mol						
CONCENTRACION TOTAL		0.021295209 mol/ft ³						
Y10		0.308576118		P10	154.2981 C10		0.0071885 mol/ft ³	
Y20		0.654852688		P20	328.4263 C20		0.015101949 mol/ft ³	
Y30		0.034572194		P30	17.2856 C30		0.000302536 mol/ft ³	
H2O		376 lb						
CH4		842.5 lb						
Flujo molar		1218.5 lb						
H2 lbmol/hr		CH4 lbmol/hr						
		806.375						
		42.125						
FLUJO VOLUMETRICO								
INICIAL		52305.70366 ft ³ /hr						
		230.80267						
		11.973783						

Imagen 11. Planteamiento de diversos escenarios de solución del estudiante 3

Nota: Finalmente el estudiante argumenta acerca de la solución y argumenta las razones en las cuales basó su decisión, a través de las conclusiones que sustentan la respuesta a su diseño. (Imagen 12)

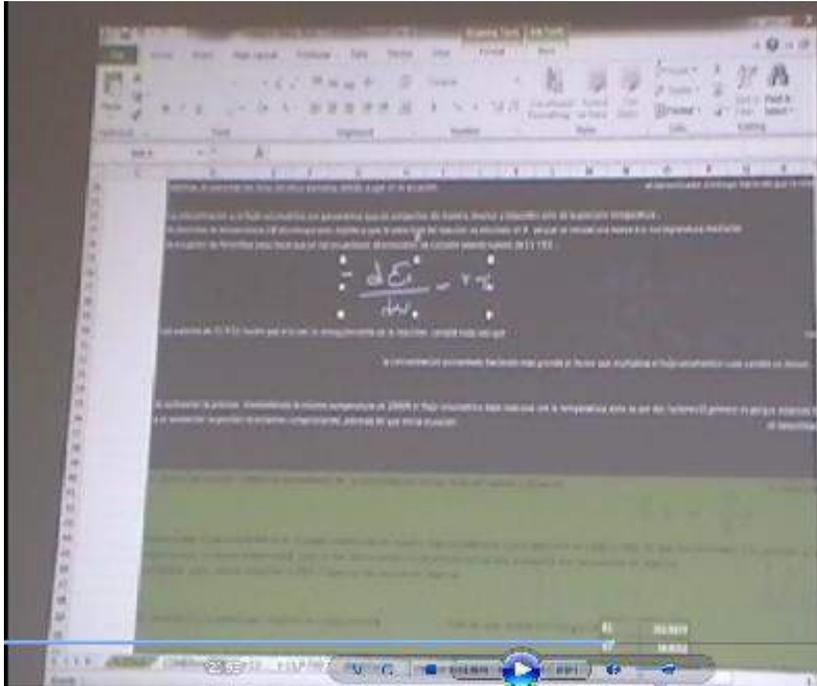


Imagen 12. Análisis y conclusiones del problema del estudiante 3

Alumno 4 (A4)

D. ¿Cómo resolviste el problema, que hiciste para resolver el problema?

A4. Primero quise hacerlo con conversión y me metí en conflicto... me confunden mucho los gases entonces me metí y bueno, éste era mi diagrama... (Imagen 13).

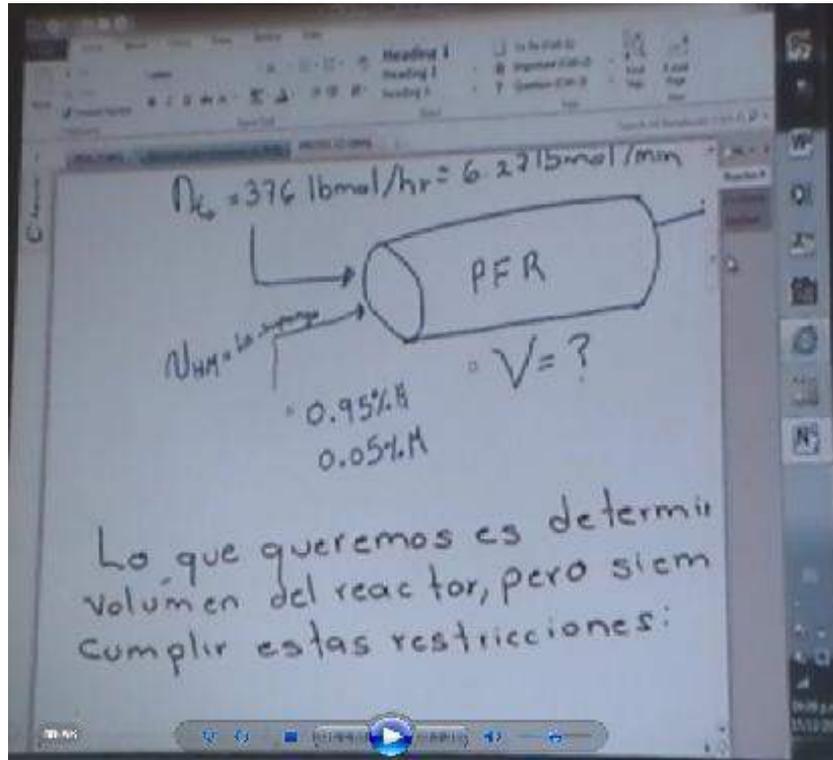


Imagen 13. Representación gráfica del modelo en el estudiante 3

Nota: En el video se observa el diagrama que realizó para el problema de diseño que le tocó resolver, al tiempo que anexa una pequeña explicación de lo que se busca determinar con el modelo

A4. Siempre cumplí con las restricciones, utilicé la estequiometría... Después calculé la presión parcial..., balance de materia..., luego la cinética..., (Imagen 14).

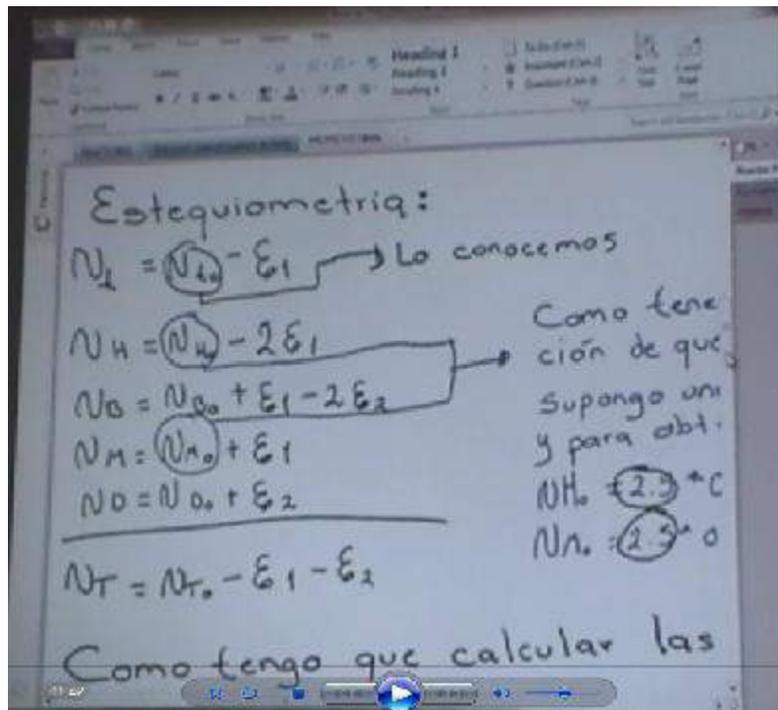


Imagen 14. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el estudiante 4

D. ¿Ese es tú modelo?, ¿problemas en el modelo?

A3. El primero fue que me equivoqué y lo quise hacer por la conversión. Otro problema que tuve fue que no había utilizado primero la relación, lo que hacía era que suponía un flujo..., suponía que había otra alimentación...

D. ¿Después qué hiciste?

A4. Le pregunté a mi compañera y me explicó por qué no se había dado la relación... pero es que yo lo hacía general.

D. Sí está correcto (la explicación que da)

A4. Lo tenía así, pero varios me dijeron que no estaba correcto, por eso lo cambié

Nota: Se observa que el estudiante presenta algunas dudas con respecto al planteamiento del problema, cabe mencionar que el estudiante planteó de otra manera la solución del problema y a pesar de que el planteamiento era correcto, -como se lo hace saber la docente-, lo cambia al momento de comparar su proceso con el de sus otros compañeros, lo que nos habla de la falta de confianza del estudiante en su propio proceso.

D. Tienes la metodología (se describe la metodología) pláticame ¿qué hiciste? O ¿cómo fuiste analizando el problema?

A4.: Fijaba algunos parámetros y jugaba con los demás. Planteó varios escenarios (Imagen 15)

Nota: Durante el video se observa que el estudiante plantea los diversos escenarios de solución

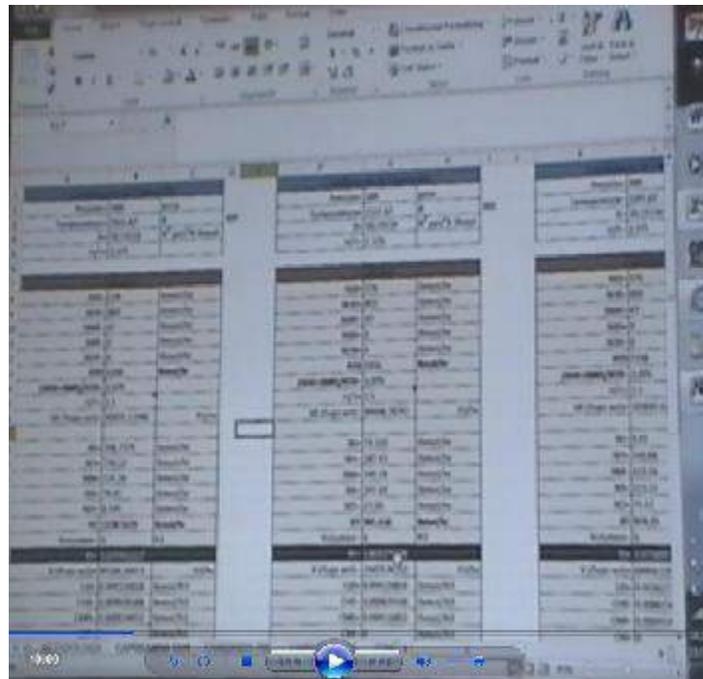


Imagen 15. Planteamiento de diversos escenarios de solución del estudiante 4

A4 Tuve una duda Nelly, ¿la relación entre el producto deseado y no deseado, era el del benceno y metano?

D. Si es correcto

D. ¿Por qué cuando tienes menos volumen la conversión baja?

A4. Nota: La alumna no sabe la respuesta, se hace un silencio

D. La conversión debe aumentar con el volumen... ¿por qué?

A4. Nota: Se hace otro silencio

D. Qué es el tiempo de residencia

A4. Es el volumen sobre... volumen volumétrico (lo dice muy bajito y necesita ayuda de la docente para dar una respuesta)

D. Qué te costó más trabajo, ¿qué fue lo más difícil de hacer el análisis?

A4. Lo que más me costó fue el modelo, se me complicó un poco por ejemplo (se hacen silencios) fije primero la temperatura y la presión... primero lo quise hacer porque así trabajamos con usted..., pero aquí no era sólo trabajar... se me complicó porque como no sabía bien a qué resultado llegar, ese era el modelo que yo propongo pero no sabía bien por ejemplo, lo que yo quería a la salida por que tal vez eso me hubiera ayudado para una mejor decisión

D. Hubieras querido un valor exacto, en lugar de que te dieran un rango

A4. Si, siento que hubiera sido más fácil, pero nuestro trabajo no va a ser sólo querer producir tanto, sino que a lo mejor ya hay un reactor hecho y tratar de modificarlo, es algo que todavía me cuesta, a veces entenderlo y ponerlo en práctica...

D. De los resultados que diste ¿cuál fue el que más te sorprendió porque no lo esperabas?

...

A4. En la presión... si había pero muy mínimo... conforme aumentaba la temperatura el volumen inicial también iba aumentando y al final iba disminuyendo... estaba pensando qué pasa ahí

Nota: contesta en varias ocasiones que dice, “eso no lo anoté ahí”, pero lo explica. La docente constantemente tiene que reforzar sus conocimientos conceptuales.

D. Lo que tu dijiste, el reactor que tú elegiste..., ahorita checamos eso que tu habías hecho y que te dijeron tus compañeros que no se podía, si se puede... así como lo pensaste estaba bien, si es correcto, también lo otro, prácticamente estás haciendo lo mismo...,

Nota: De manera general, se observa que el estudiante no se sentía tan confiado en los resultados y el proceso que estaba desarrollando a pesar de hacerlo bien, el estudiante manifestó muchas dudas durante el proceso, lo que sugiere que necesita trabajar más en el desarrollo de sus habilidades metacognitivas, debido a que estaba muy inseguro de sus conocimientos.

Nota: Finalmente el estudiante argumenta cuál fue el escenario que considera el óptimo para solucionar el problema (Imagen 16).

- **Plantear posibles escenarios**
 - **No menos de tres**
- **Argumentar los diversos escenarios**
- **Sustentan con los datos obtenidos la decisión final del modelo**

Relación entre el proceso desarrollado por los estudiantes y las habilidades cognitivas propuestas.

DIMENSIONES DE CONOCIMIENTO	PROCESO COGNITIVO					
	Recordar	Entender	Aplicar	Analizar	Evaluar	Crear
Factual	Identificar las variables	Representación gráfica del modelo				
Conceptual						
Procedural	Resolver ecuaciones para obtener los valores de las variables					
Metacognitivo				Plantear y argumentar posibles escenarios	Sustentan con los datos obtenidos la decisión final del modelo	

1.1.2 Segunda etapa

Para evidenciar el proceso que siguieron los estudiantes en la resolución de su problema final, al terminar el curso se les aplicó un cuestionario, cuyos resultados son los siguientes

1. ¿Anteriormente habías solucionado problemas similares a éste?

Alumno 1

*“A lo largo del semestre resolvimos problemas parecidos al examen final,
Isotérmico/adiabático tomando en cuenta el balance de energía”*

Alumno 2

*“Fue un problema muy complejo, en el que puse en práctica mi capacidad analítica
utilizando principalmente mis conocimientos en Reactores e Ingeniería económica”*

Alumno 3

*“Fue un reto mental, porque no sigues una receta de cocina cada caso es diferente,
pero luego te das cuenta que todo es un BM (Balance de Materia), que no debes buscar
nada más”*

Los estudiantes relacionaron el *problema de diseño* que resolvieron, con problemas que habían resuelto durante el curso, pero no con el problema que habían resuelto el semestre anterior, esto podría deberse a que la pregunta resultó poco clara,

Sin embargo, los estudiantes fueron capaces de reconocer que requería de información previa; es decir, la información revisada en otros cursos para poder solucionar el problema, lo que habla de la integración de los conocimientos para poder llevar la información a diferentes contextos (habilidad de extender el conocimiento)

- 2. En caso de responder SI a la pregunta anterior, por favor comenta. ¿La estrategia utilizada en la solución de este problema ha sido diferente a la utilizada en la solución del problema anterior?**

Alumno 1

“No, primero se plantea la estequiometría, B Materia, Cinética, Balance de Energía”

Alumno 2

“No, fue muy similar, sin embargo los nuevos conocimientos que se adquirieron se pudieron aplicar a la perfección”

Alumno 3

No respondió

Los estudiantes comentan que la estrategia utilizada para la solución de este problema fue similar a la utilizada para otros problemas, esto nos sugiere que los estudiantes desarrollan estructuras cognitivas que les permite resolver los problemas cada vez con mayor facilidad, al tiempo que desarrollan su propio proceso de solución

3. Para este problema ¿Cuáles fueron los pasos que seguiste en la solución?

Alumno 1

“1. Estequiometria 2.B Materia (Balance de Materia), 3: cinética, 4.B Energía, 5. Simplificaciones”

Alumno 2

“Se siguieron los mismos pasos agregando el análisis económico”

Alumno 3

“Un balance de materia, una cinética y ves que te hace falta”

Los estudiantes fueron capaces de identificar los pasos que siguieron para solucionar el problema, lo que se conoce como proceso de solución, esta es una de las habilidades relacionadas con la organización de la información.

La finalidad de preguntar los pasos que los estudiantes realizan al resolver el problema, permite que se den cuenta del proceso siguen al resolver el problema y comiencen a hacerlo de forma consciente y no de manera automática.

4. ¿Consideras que la solución que obtuviste se puede validar?

Alumno 1

“Si”

Alumno 2

“Todo el análisis está correcto y verificado”

Alumno 3

“Con Aspen, con un libro porque creo existen rcf, y si en aspen metes 10 que te den deben salir igualito”

Los estudiantes comentan de manera general que los resultados obtenidos para la solución del problema fueron validados antes de ser presentados, la validación es uno de los pasos que presentan mayor relevancia en las metodologías propuestas para la solución de problemas de diseño (Dym y Little, 2004; Gustafson y Branch, 1997 y Jonassen, 2011)

5. Durante este proceso de desarrollo ¿Consideras que tus respuestas son correctas?

Alumno 1

“Si, por que dan resultados coherentes de acuerdo a lo aprendido en el curso”

Alumno 2

“Si”

Alumno 3

“Porque mis balances de materia y energía son concretos, porque los valores que se muestran para cat y vol son reales a otros que existen, busqué y si existen. Porque las X_j son t las $C...$ son + y reales y porque busqué una regla que me dijera que estaba mal o bien un B.E que viene en el trabajo”

Los estudiantes muestran seguridad en los resultados reportados, lo que sugiere que el contrastar diversos resultados pueden generar una respuesta certeza y consideren es la respuesta “viable”, o “la óptima”.

6. ¿Consideras que existe un método rápido para solucionar el problema?

Alumno 1

“Si, Que se fijen más parámetros para que no sea tan abierto a consideraciones”

Alumno 2

“Si, Utilizando Software”

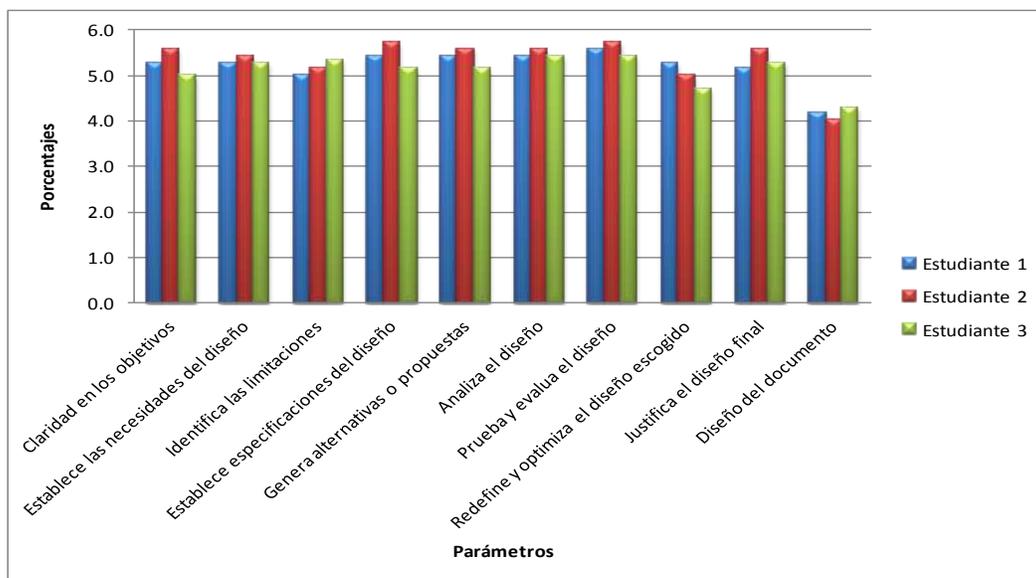
Alumno 3

“Si, Un Balance de Materia”

El que los estudiantes consideren que existen métodos más rápidos para solucionar el problema, sugiere que existe una comprensión del problema que les permite resolverlo en menor tiempo o desarrollando un proceso más corto.

1.1.3 Tercera etapa

Para el análisis del problema de diseño, se aplicó una rúbrica, la cual fue contestada por un grupo de profesores expertos con base en los parámetros propuestos para la resolución de problemas en ingeniería propuesta por Dym y Little (2004). Los resultados de las rúbricas para el problema de diseño se presentan en la Gráfica 3.



Gráfica 3. Porcentaje de los rubros involucrados en la rúbrica para la solución de problemas, por alumno

Considerando que dentro de la rúbrica el valor máximo en la escala que se manejó fue el 6, se observa que la mayoría de los expertos consideraron ver reflejadas las diferentes etapas que involucra la solución de un problema de diseño en cada una de las propuestas presentadas por los estudiantes, puesto que todas las evaluaciones fluctúan entre el 5 y el 6 que corresponden a la evaluación de *Excelente*.

El rubro donde los estudiantes salieron relativamente más bajos, fue en el *diseño del documento*, lo cual puede deberse a que en este rubro hace énfasis en las referencias utilizadas para la solución del problema.

1.1.4 Cuarta etapa

Durante esta etapa se implementaron los Ambientes de Aprendizaje diseñados para los diferentes tipos de problemas.

La asignación de los reactivos del MAI a cada uno de los problemas, se realizó teniendo en cuenta la clasificación que hacen los autores (Schraw, G. & Dennison, R.S. (1994) y la relación de estas habilidades con las descritas por Anderson *et al.* (2001), en su revisión a la taxonomía de Bloom, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los tipos de problemas según la tipología de Jonnassen (2011), respecto a las habilidades cognitivas descritas por Anderson *et al* (2001), y su relación con los reactivos del Inventario de Consciencia Metacognitiva propuesto por Schraw, G. & Dennison, R.S. (1994)

DIMENSIONES DE CONOCIMIENTO	PROCESO COGNITIVO					
	Recordar	Entender	Aplicar	Analizar	Evaluar	Crear
Factual	Problemas con historia (DK)					
Conceptual		Solución y diagnóstico de problemas (PK y CK)				
Procedural		Toma de decisión (M y P)				
Metacognitivo		Problemas de Diseño (E, DS y , IMS)				

DK: Conocimiento Declarativo
 PK: Conocimiento Procedural
 CK: Conocimiento Condicional
 M: Monitoreo
 P: Planeación
 E: Evaluación
 DS: Depuración Estratégica
 IMS: Manejo de Información Estratégica

Los problemas aplicados fueron los Problemas con historia (Story Problem), que agrupa los reactivos relacionados a las habilidades acerca del *Conocimiento Cognitivo*, al igual que la resolución de problemas (troubleshooting problem), para el caso de la Toma de Decisión (Decision Making), involucra reactivos relacionados con la *Regulación de la cognición*

La evaluación se realizó por parte de la experta en la materia (Dra. Ramírez Corona) y se basa en una escala del 1 al 4 cuyos parámetros se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Rúbrica para la evaluación del proceso en la solución de los diferentes tipos de problemas

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	4	3	2	1
USO DE CONCEPTOS	El estudiante muestra un completo entendimiento de los conceptos utilizados durante la solución del problema	El estudiante muestra un entendimiento o substancial de los conceptos utilizados durante la solución del problema	El estudiante muestra un entendimiento o básico de los conceptos utilizados durante la solución del problema	El estudiante no muestra un entendimiento de los conceptos utilizados en la solución del problema
PROCEDIMIENTO	A lo largo del planteamiento de solución, el estudiante utiliza una estrategia eficiente y efectiva para resolver el problema	A lo largo del planteamiento o de solución, el estudiante utiliza una estrategia efectiva para resolver el problema	En algunas secciones del planteamiento o de solución el estudiante utiliza una estrategia efectiva para resolver el problema	En ninguna sección del planteamiento de solución el estudiante utiliza una estrategia efectiva para resolver el problema
SOLUCIÓN	El problema fue resuelto de manera satisfactoria	El problema fue resuelto con algunos errores numéricos	El problema fue parcialmente resuelto	El problema no fue resuelto

Con base en los parámetros de la rúbrica se evalúa el desempeño de los estudiantes por la docente del curso. Los resultados obtenidos para los Problemas con Historia (Story Problem), se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados obtenidos para los problemas con historia (Story Problem)

STORY PROBLEM											
alumno	Evaluación Docente	¿qué tan seguro estas de que tu respuesta sea	K	K	K	K	K	K	K	media	sd
			46	32	20	17	16	12	10	Número de pregunta del MAI	
1	4.0	100	20	19	19	19	19	18	18	94.29	0.6900656
2	2.7	80	20	19	18	17	18	19	16	90.71	1.3451854
3	4.0	20	13	9	13	19	12	18	9	66.43	3.9460649
4	3.0	70	20	19	20	19	19	18	17	94.29	1.069045
5	3.7	10	20	16	18	20	20	15	20	92.14	2.149197
6	3.7	90	20	18	16	4	17	12	13	71.43	5.3139529
7	1.7	10	20	9	9	1	7	4	4	38.57	6.1566843
8	3.7	90	20	20	20	19	19	17	19	95.71	1.069045
media			95.625	80.625	83.125	73.75	81.875	75.625	72.5		
sd			2.4749	4.5493	3.8522	7.6485	4.5336	5.0267	5.5291		

De manera general se aprecian diferentes escenarios dentro de la solución de este problema en los estudiantes, se señala en *color amarillo* el estudiante que obtuvo una buena calificación por parte de la docente y un alto grado de confianza en la respuesta que obtiene, al tiempo que reconocen las habilidades metacognitivas referentes a la complejidad del problema, es decir sabe realizar el procedimiento de solución, tiene confianza de que su respuesta es correcta y de la misma manera está consciente de las habilidades metacognitivas relacionadas con la complejidad del problema.

En *color gris* se muestra el estudiante que a pesar de resolver exitosamente el problema no confía en que su respuesta haya sido correcta y al mismo tiempo, tampoco reconoce las habilidades metacognitivas relacionadas al problema, esto sugiere que a pesar de conocer el procedimiento de solución, no confía en su nivel de conocimiento y tampoco logra reconocer las habilidades que le permiten realizar el procedimiento correcto del problema.

En *color azul* se muestra al estudiante que no logra una buena evaluación por parte de la docente, de igual forma reconoce no estar confiado en la respuesta que obtuvo, al tiempo que tampoco logra reconocer las habilidades metacognitivas relacionadas con el problema que está resolviendo.

Con base en las medias obtenidas de las habilidades metacognitivas, se observa que el reactivo que obtuvo el mayor valor de la media fue el 46: Aprendo más cuando el tema me

interesa (media= 95.6) y el reactivo que presenta el valor más bajo en la media fue el 10: Sé qué tipo de información es más importante aprender (media= 72.5).

De la misma manera es el estudiante que presenta el valor de la media más bajo en los aspectos metacognitivos, es aquel que tampoco obtuvo una buena evaluación por parte de la docente (media=66.4).

Los resultados obtenidos para la solución de problemas (Troubleshooting Problem), se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados obtenidos para la resolución de problemas (Troubleshooting Problem)

TROUBLESHOOTING													
alumno	Evaluación Docente	¿qué tan seguro estas de que tu respuesta sea correcta?	K	K	K	K	K	K	K	K	K	media	sd
			35	33	29	27	26	18	15	14	3	Número de pregunta del MAI	
1	3.0	50	16	18	16	13	18	16	18	15	12	77.14	2.299068134
2	2.3	80	17	19	19	19	19	20	20	19	20	97.14	0.534522484
3	2.0	80	16	19	17	17	18	17	20	15	17	86.43	1.496026483
4	3.7	90	16	19	19	19	20	19	19	18	20	95.71	0.690065559
5	2.7	90	17	17	20	20	20	20	20	20	20	100.00	0
6	3.7	70	19	18	18	19	19	17	20	18	18	92.14	0.975900073
7	1.7	30	14	10	12	14	12	14	18	13	20	73.57	3.093772547
8	3.0	60	18	16	16	15	20	19	20	18	18	90.00	1.914854216
media			83.1	85	85.6	85	91.3	88.8	96.9	85	90.6		
sd			1.51	3.02	2.53	2.67	2.66	2.12	0.92	2.39	2.75		

En los resultados se observa en *color azul*, el estudiante cuyo proceso no fue tan bien evaluado por el docente, sin embargo el estudiante muestra un alto grado de confianza en el resultado obtenido, así como exterioriza el reconocer algunas de las habilidades metacognitivas relacionadas a la complejidad del problema otorgándoles altos puntajes, aunque no los máximos puntajes.

En *color amarillo*, se observa el resultado del estudiante que obtuvo la máxima evaluación docente y expresa un alto nivel de confianza en el resultado obtenido, al tiempo que declara el reconocer las habilidades metacognitivas relacionadas al problema, lo que sugiere que el estudiante realmente realizó el proceso de manera consciente.

Finalmente en *color gris* se muestra en resultado del estudiante que obtuvo la más baja evaluación docente, el estudiante expresa el no tener confianza en el resultado que obtuvo, al mismo tiempo que señala con puntajes bajos las habilidades metacognitivas relacionadas con el problema, lo que deriva en que obtenga el valor de más bajo de la media para este tipo de problema (media=73.5).

Respecto al análisis de las medias obtenidas, se observa que el reactivo que presenta el valor más alto es el 15: Aprendo mejor cuando sé algo sobre el tema, (media=96.9), y el reactivo que presenta el valor más bajo es el 35: Sé cuándo será más eficaz cada estrategia que utilizo (media=83.1).

Para los problemas relacionados con la Toma de Decisión (Decision Making), los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados obtenidos para el problema de Toma de Decisión (Decision Making Problem)

DECISION MAKING														
alumno	Evaluación Docente	¿qué tan seguro estas de que tu respuesta sea correcta?	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	media	sd
			42	41	34	23	22	21	11	8	6	2	Número de pregunta del MAI	
1	4.0	100	20	16	19	18	18	15	17	16	17	18	85.00	1.154700538
2	4.0	100	20	20	20	20	20	19	20	20	19	19	97.86	0.534522484
3	4.0	70	20	15	16	20	16	14	19	16	14	18	83.57	2.360387377
4	4.0	100	14	18	20	19	19	19	15	17	18	16	87.86	1.618347187
5														
6	3.3	40	15	18	18	17	16	17	17	18	18	15	84.29	1.069044968
7	2.7	40	7	10	7	8	7	9	8	7	8	8	39.29	0.690065559
8	3.7	80	20	12	20	19	13	13	19	17	18	18	83.57	2.627691364
		media	82.86	77.86	85.71	86.43	77.86	75.71	82.14	79.29	80	80		
		sd	4.962	3.552	4.706	4.231	4.429	3.579	4.077	4.14	3.873	3.786		

En *color amarillo* se presentan aquellos estudiantes que obtuvieron el máximo valor en la evaluación docente, el cual coincide con el grado de confianza que tienen en su respuesta, al tiempo que reconocen las habilidades metacognitivas relacionadas con la complejidad del problema, lo cual sugiere que estos estudiantes desarrollan el proceso de solución de problema de manera consciente del proceso que están resolviendo.

En *color azul* se observa al estudiante que a pesar de tener una buena evaluación docente, no se encuentra seguro del resultado que está presentando, sin embargo reconoce varias de las habilidades metacognitivas que se relacionan con el problema, este resultado sugiere que a pesar de que el estudiante sabe resolver el problema, no realiza el proceso de forma un tanto consciente.

Como último se observan los resultados del estudiante en color gris, donde el estudiante reporta la más baja evaluación docente, sin embargo está muy confiado en la certeza de su resultado, lo que no se ve reflejado al momento de reconocer las habilidades metacognitivas que se relacionan con el problema, de igual forma es el estudiante que presenta el valor de la media más bajo (media= 39.2).

Respecto a las medias reportadas, se observa que el reactivo que obtuvo el valor de media más alto es el 23: “Pienso varias maneras de resolver un problema y escojo la mejor opción” (media=86.4) y el reactivo que obtuvo el valor más bajo fue el 21: “Repaso periódicamente para ayudarme a entender relaciones importantes” (media= 75.7).

Como parte de la evaluación final de los estudiantes, se les aplicó un problema de diseño para que lo resolvieran en equipo. La presentación de estos procesos fue videograbada y se realizó el análisis de contenido del proceso de solución.

Los alumnos del equipo utilizaron para su presentación la Tablet PC, presentando el diseño en OneNote y el vaciado de datos en Excel y Polimath. Lo que permitía a la docente tener toda la información que manejaron los alumnos y hacerlos reflexionar sobre los resultados obtenidos.

Cabe mencionar que durante las presentaciones de los equipos, estuvo presente un invitado por parte de la docente, el cual es un ex alumno y participó en el proceso de retroalimentación a los diferentes equipos.

Para el análisis del video se utilizan las siguientes claves

E: Equipo**1, 2, 3, 4: Número de equipo****D: Docente****E1: compuesto por mujer / hombre**

Nota: en las imágenes que presentan escriben claramente el objetivo de su proceso, así como el diagrama del modelo (Imagen 17)

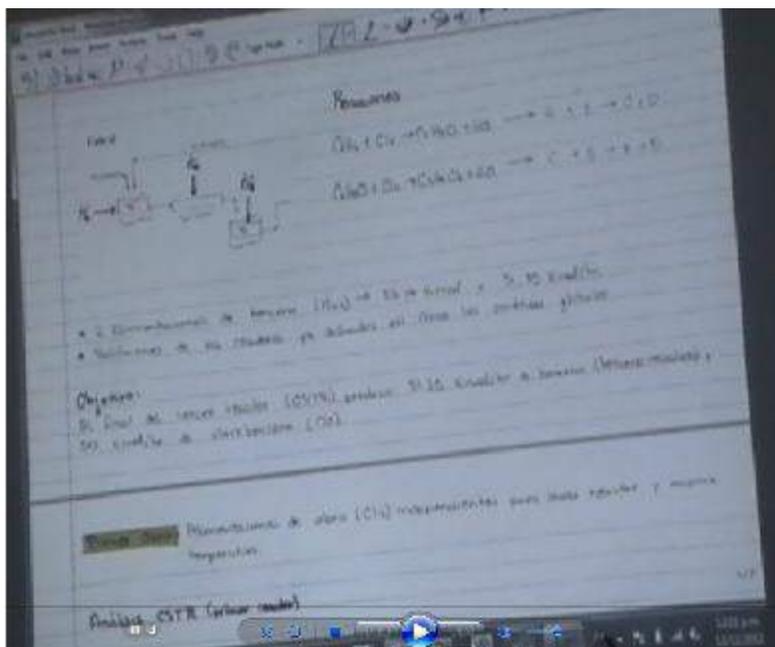


Imagen 17. Representación gráfica del modelo en el Equipo 1

D. Qué fue lo primero que hicieron

E1: Lo primero que hicimos fue realizar el balance de masa, cinética y estequiometria (Imagen 18)

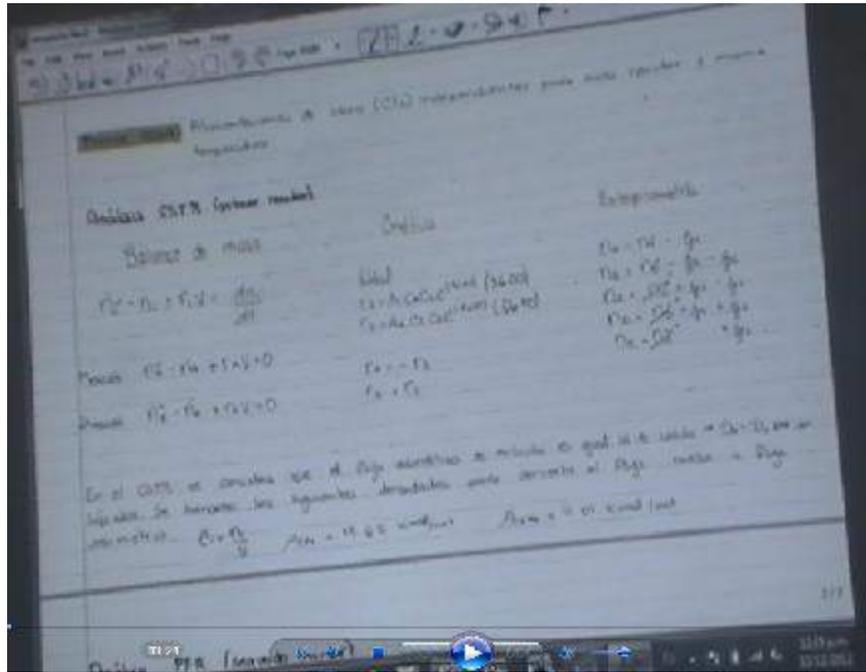


Imagen 18. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el equipo 1

Explican el análisis del reactor

Nota: Una de las integrantes del equipo menciona “la temperatura que yo había usado”, y toda la explicación la hace en primera persona, cuando el trabajo era en equipo. El alumno por su parte, participa muy poco, sólo con las preguntas de la docente. El estudiante habla en plural “lo hicimos...”, lo que sugiere que uno de los estudiantes trabajó más que el otro.

D. Como decidieron ¿cómo iban a analizar sus opciones...?

E1. Hicimos varias corridas y comparamos los resultados... vimos que teníamos que meter mucho cloro y no nos convenía... decidimos que fueran tres entradas a cada reactor...

(Imagen 19)

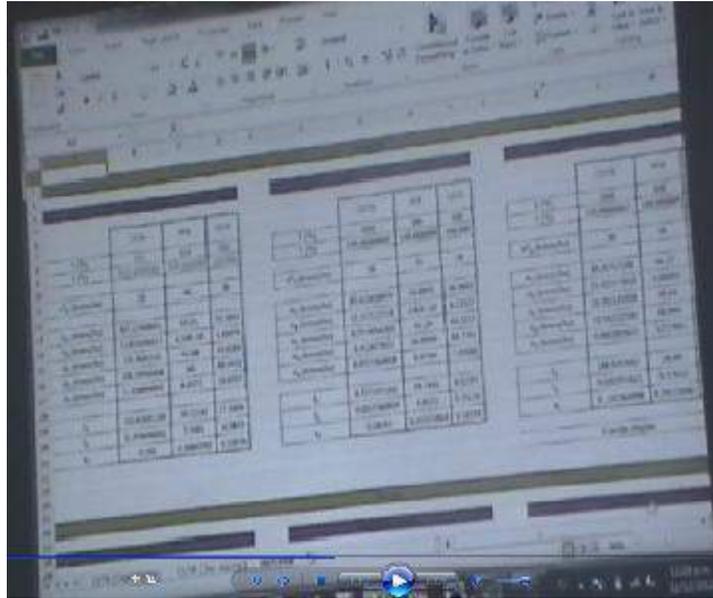


Imagen 19. Planteamiento de diversos escenarios de solución del equipo 1

Nota: En el video se aprecia que el equipo presenta los diferentes escenarios que plantearon para solucionar el problema y argumentan acerca de las restricciones que tenía el modelo.

D. ¿Leyeron el artículo?

E1: El hombre dice no lo recuerdo. La mujer dice que utilizaron una parte

D. ¿Les hizo falta algo para acabar de decidir? ¿Creen que hay algo que se puede mejorar?

O esto es lo mejor que se puede obtener

E1: Mujer: como son tres reactores hay muchas cosas, las cuales, las puedes modificar, entonces pensamos que podemos bajar más temperatura, jugar más con las temperaturas y los flujos de cloro... Sí podemos mejorar

D. Como crees que pueden cambiar los resultados cuando metan el balance de energía

Hombre: Temperatura... es el punto clave...

Nota: De manera general los estudiantes consideran que el modelo que proponen se puede mejorar por la cantidad de variables que se encuentran involucradas.

D. ¿Problemas? ¿En la parte de matemáticas o en el modelo?

E1. Mujer: el polimath, no me, no nos dejó avanzar por un buen tiempo...

D. Pregunta solo por curiosidad, ¿Vieron lo que estaban haciendo sus compañeros?

E1: Si, estuvimos trabajando en el mismo salón... y estábamos viendo qué estaba trabajando cada uno.

D. ¿Creen que alguna de las propuestas de sus compañeros es mejor que la de ustedes?

E1. Depende, porque lo que cambia es el orden de los reactores...

E1: Empezamos a comparar resultados y su temperatura era más alta que la nuestra

E1: Siento que nos faltó un poco analizar los costos de inversión inicial y costos de operación... (Imagen 20)

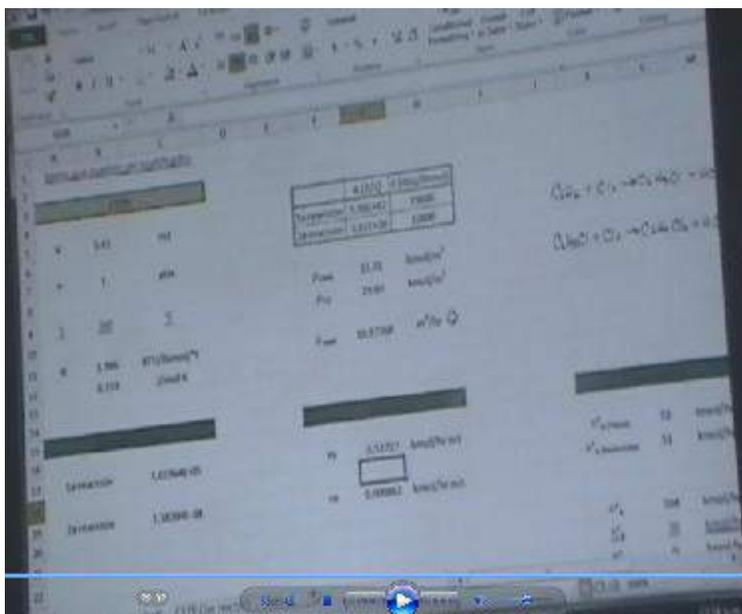


Imagen 20. Análisis y conclusiones del problema del equipo 1

Nota: A pesar de que los estudiantes argumentan la que plantean como su mejor opción, también comentan que existen variables que no consideraron. Finalmente en el video se aprecia como los estudiantes argumentan la opción que eligieron

Nota: El invitado también les hizo ver que no presentan como equipo y que la alumna sólo se expresa como en lo individual “yo hice”, sin embargo, les dice que trabajaron bien y que se ve que los dos hicieron el trabajo.

E 2: Mujer/Hombre

D. Quiero que me platiques el contexto del problema, de qué se trata, el objetivo, qué estaban buscando

Nota: El equipo presenta con OneNote la producción de Monoclorobenceno, con las formulas químicas desarrolladas, así como el diagrama del modelo (Imagen 21)

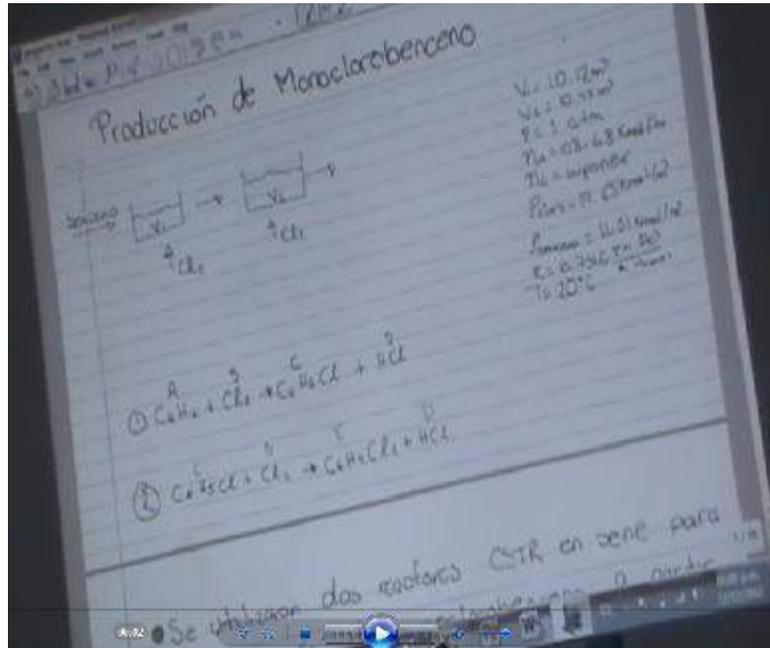


Imagen 21. Representación gráfica del modelo en el Equipo 2

E1: Primero planteamos todas las ecuaciones, la estequiometría, cinética y para la solución los balances de masa (Imagen 22)

Se utilizan dos reactores CSTR en serie para la producción de monoclorobenceno a partir de la reacción de benceno y cloro

A continuación se muestran las ecuaciones del balance de masa, estequiometría y cinética utilizadas en el planteamiento y solución del problema

Imagen 22. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el equipo 2

Nota: En el video se aprecia que el equipo no solo presenta la metodología representada por las ecuaciones matemáticas, sino que escribe de forma metodológica los pasos que fueron siguiendo para resolver el problema (Imagen 22)

D. Quiero que me platiquen qué variables movieron, en qué rangos y porqué eligieron esos rangos

E2. Primero empezamos suponiendo los avances... suponemos una temperatura X y de ahí sacamos la cinética del balance de masa y de ahí sacamos el balance de masa que nos diera cero (hacen varias suposiciones de lo que va a pasar)

El problema principal que teníamos era que nuestra producción de monoclorobenceno era mínima y queríamos una producción mayor. Movimos uno por uno de los reactores pero no nos salía y mejor lo metimos todo junto (Imagen 23)

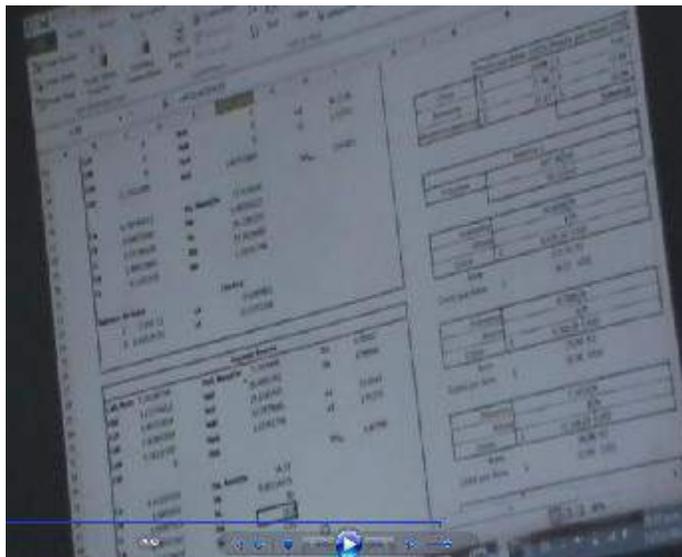


Imagen 23. Planteamiento de diversos escenarios de solución del equipo 2

Nota: En el video se aprecia los diversos escenarios de solución que el equipo planteó, así como los argumentos que utilizaron para defender la opción que eligieron

D. ¿Cuáles fueron las opciones? ¿Es la única opción factible que les dio en donde obtuvieron ganancias?

E2. Si (en sus simulaciones salían resultados viables pero los costos se elevaban y optaron por otras opciones)

D. ¿Cuál creen que es la opción que los inversionistas querrían escoger de los diferentes planteamientos de los equipos?

E2. Yo digo que en cuanto a ganancias no estaríamos entre los mejores, en cuanto a producto terminado tuvimos mayores que los otros equipos.

D. ¿Qué le falta a su proyecto para que lo compren los inversionistas?

E2. Hacer un balance de materia, afectaría los costos

E1: Las variables son los Avances, las temperaturas de operación y los flujos de entrada (No tienen problema para reconocer las variables que están en juego) (Video 1.58)

Se supone que era la misma temperatura para los dos reactores, pero no estaba especificado (Reconocen la información que les hace falta)

Nota: Ellos hablan en plural y se apoyan mutuamente durante su presentación. Utilizan One Note para desarrollar las formulas y los pasos, después utilizaron Excel.

Los estudiantes presentan sus escenarios y argumentan la opción que eligieron

Nota: El equipo presentó su diseño a la docente, con la presencia de un invitado, ex alumno de la escuela, que ya se encuentra trabajando y les hizo algunas observaciones.

Equipo 3 (E3) Hombre/Hombre

D. Quiero que me describan el contexto del problema

E3. En OneNote presentan su esquema, objetivos y valores de las formulas (Video 0.17)

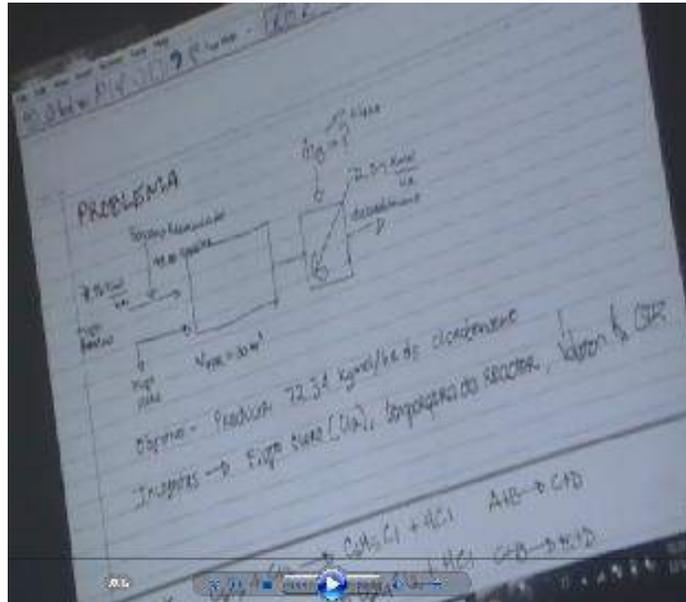


Imagen 24. Representación gráfica del modelo en el Equipo 3

Nota: en el video se aprecia como el equipo presenta el diagrama del reactor con el que van a trabajar (Imagen 24)

NOTA: presentan la organización de los pasos del proceso, y desarrollan la matemática para encontrar el valor de las variables (Imagen 25), (Video 2.09) (Video 9.08).

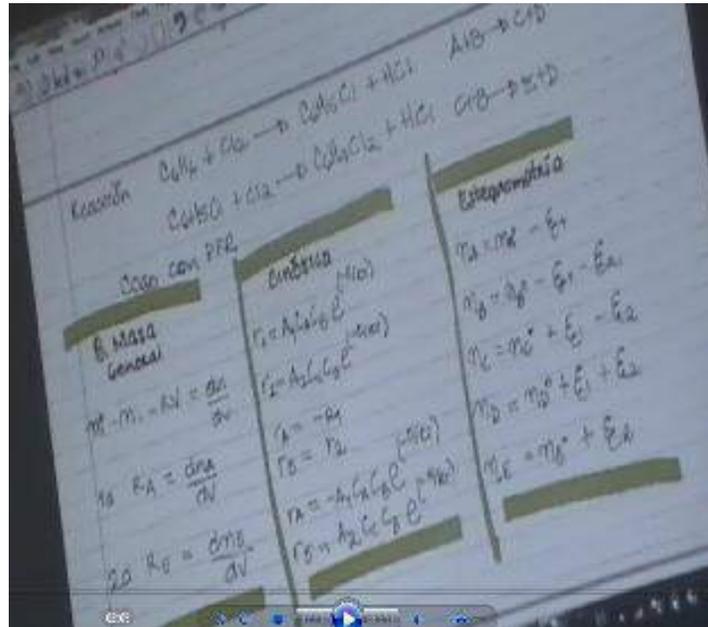


Imagen 25. Proceso metodológico para la solución de problemas que utiliza el equipo 3

D. ¿Cómo decidieron cuáles variables sí y cuáles no?

E3. Tratamos de optimizar los gastos y equilibrarnos un poco.

Caso de optimización

Variable	Valor
Caudal (kg/h)	1000
Temperatura (°C)	300
Presión (atm)	10
...	...

Imagen 26. Planteamiento de diversos escenarios de solución del equipo 3

Nota: El equipo plantea los diferentes escenarios considerados (Imagen 26), sin embargo reconoce que existen variables que no vienen en el problema y que es importante considerarlas sí se quiere mejorar el proceso.

D. Comparando su trabajo con los demás equipos, quién cree que hizo la mejor propuesta

E3. No logramos ver en sí cuál era todo su proceso de los otros equipos. No podría decir cuál es el mejor, porque no tengo la comparación de todos. Las ganancias ya no las llegue a ver

D. ¿Qué se podría mejorar o tendría que incluir en el problema, qué sería importante para determinar las condiciones de operación de un reactor?

E3. A lo mejor sí consideramos el ejercicio tal como estaba, porque siento que estamos forzando mucho los reactores para obtener ese resultado. Se está forzando el proceso a que se dé

Equipo 4 (E4) Hombre (Expusieron un día antes pero para no perder la evidencia en video le pidieron que explicara su proceso)

D. Quiero que nos platiques el contexto del problema, ¿cuál fue su objetivo? ¿Cómo lo resolvieron?

Nota: El equipo presenta en OneNote las reacciones (video 0.13) y explican su proceso y el diagrama que elaboraron (0.45) Se pueden identificar los pasos que van siguiendo. Este equipo va describiendo y explicando los procesos que realizó, además de anotar los valores y fórmulas que requieren (4.15), (Imagen 27).

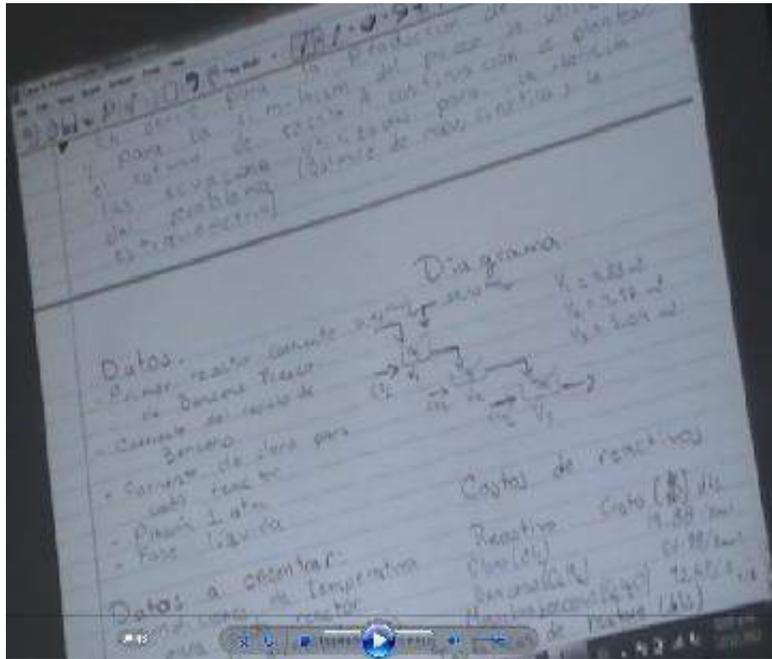


Imagen 27. Representación gráfica del modelo en el Equipo 4

D. ¿Cómo eligieron los rangos entre los cuales iban a mover sus variables?

E4. La temperatura no se mueve... nuestros valores empezaron muy grandes y después muy chicos (se fueron a los extremos)

D. Cuál de los procesos es el mejor, ahorita que viste el de los demás

E4. Me conviene un poco más de reactores, pero no estoy convencido de utilizar estos tres reactores, y da otras opciones, sólo comparé con un equipo y vi que nosotros tuvimos mayores ganancias (Imagen 28).

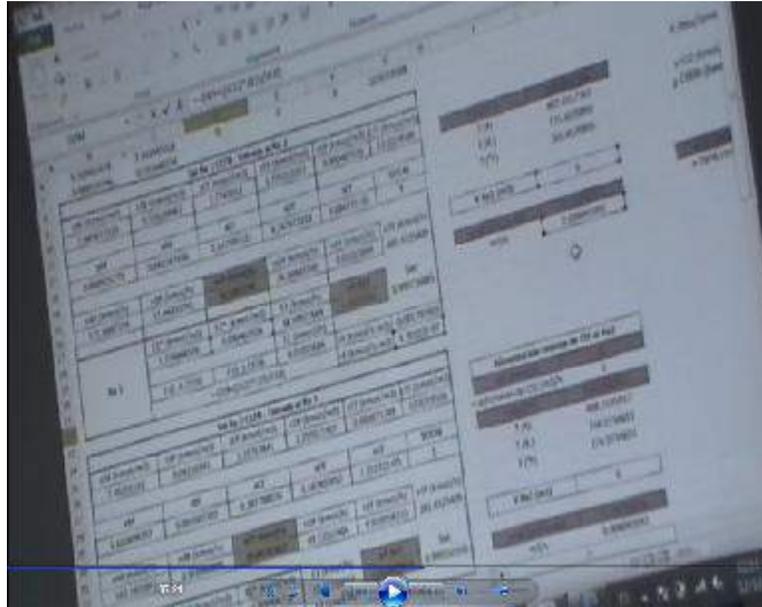


Imagen 28. Planteamiento de diversos escenarios de solución del equipo 4

Nota: El estudiante presenta los diversos escenarios que plantearon, así como los argumentos que sustentan la decisión que tomaron para resolver el diseño (Imagen 29)

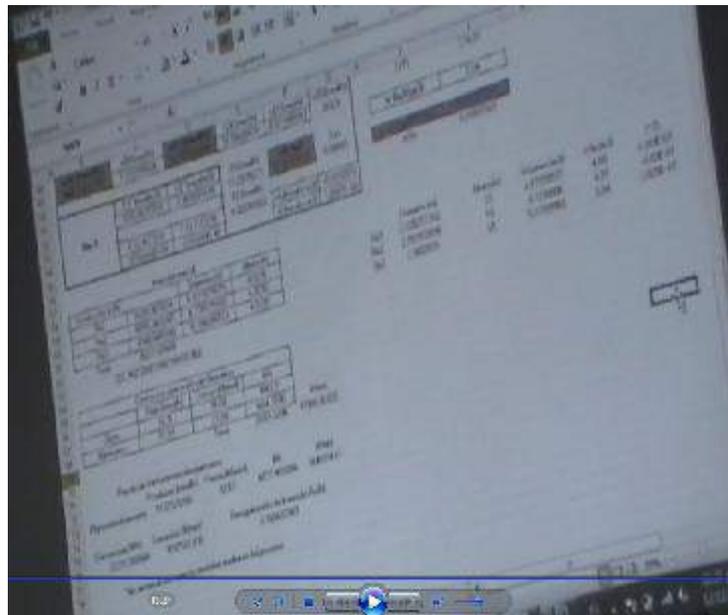


Imagen 29. Análisis y conclusiones del problema del estudiante 4

Nota: De manera general, el invitado expreso comentarios positivos acerca del proceso de solución del equipo

PROCESO

- **Representación gráfica del modelo**
 - **Diagrama del reactor**
- **Plantean el objetivo del problema**
- **Identificar las variables**
 - **Temperatura, presión, volumen...etc.**
- **Resolver las ecuaciones para obtener los valores de las variables**
 - **Balace de materia**
 - **Cinética**
 - **Estequiometria**
- **Plantear posibles escenarios**
 - **No menos de cuatro**
- **Costos de producción**
- **Argumentar los diversos escenarios**
- **Sustentan con los datos obtenidos la decisión final del modelo**

Una vez obtenido el modelo se analiza cuáles son los conocimientos involucrados, así como los procesos cognitivos desarrollados durante el proceso (Tabla 7).

Tabla 7. Relación entre el proceso desarrollado por los equipos y las habilidades cognitivas propuestas.

DIMENSIONES DE CONOCIMIENTO	PROCESO COGNITIVO					
	Recordar	Entender	Aplicar	Analizar	Evaluar	Crear
Factual	Identificar	Representaci				

Conceptual	las variables	ón gráfica del modelo				
		Plantear los objetivos del problema				
Procedural	Resolver ecuaciones para obtener los valores de las variables					
Metacognitivo				Plantear y argumentar posibles escenarios	Sustentan con los datos obtenidos la decisión final del modelo	
			Considerar los costos de producción			

En la tabla se puede apreciar cómo el proceso desarrollado por los estudiantes involucra tanto la dimensión de los diferentes tipos de conocimiento, como los procesos cognitivos desde los más simples (Recordar) hasta los más complejos (Analizar y Crear), como es la habilidad de creación de un reactor con especificaciones muy claras para su funcionamiento, -como lo mencionaba el contexto del problema-.

1.2 Habilidades Metacognitivas

Se analizan los resultados obtenidos durante el desarrollo de habilidades metacognitivas en las diferentes etapas de estudio.

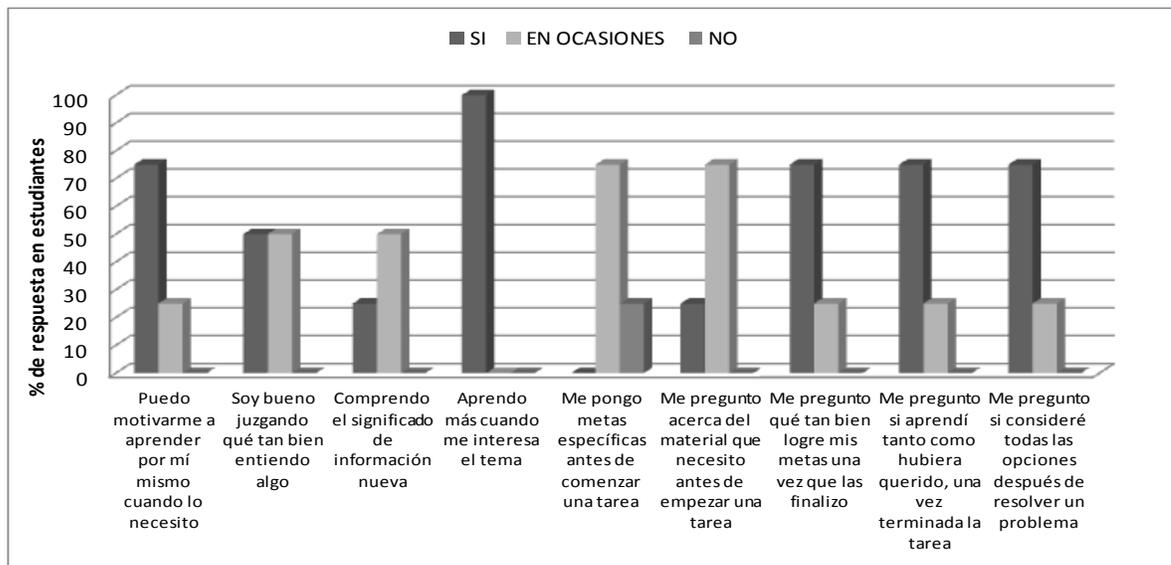
1.2.1 Primera etapa

Con la finalidad de conocer cómo y cuáles fueron las habilidades metacognitivas que lograron identificar los estudiantes, se aplicaron algunos de los reactivos del instrumento MAI, (Scraw y Dennison, 1994).

Como ya se mencionó anteriormente, este instrumento tiene la finalidad de evaluar los procesos metacognitivos tanto para el *Conocimiento Metacognitivo*, como para la *Regulación de la Metacognición*

Para evaluar las habilidades metacognitivas fue diseñado utilizando una escala de Likert para cada uno de los procesos cognitivos (Conocimiento y Regulación), donde los estudiantes podían escoger entre las opciones “Si”, “Algunas Veces” y “No”. El cuestionario aplicado se muestra en el Anexo II.

Los resultados obtenidos se observan en la Gráfica 2. Las cuatro primeras preguntas corresponden al rubro de *conocimiento cognitivo*; es decir, qué tan consientes están los estudiantes de lo que aprenden; y las siguientes cinco preguntas están relacionadas con aspectos de *regulación de la cognición*, o lo que es igual a organizar, procesar y analizar la información.



Gráfica 2. Evaluación de las habilidades metacognitivas

De manera general, los estudiantes reconocen ambos procesos metacognitivos, tanto el monitoreo del *Conocimiento Cognitivo* como la *Regulación de la Cognición*. Sin

embargo, se observa una constante en los porcentajes relacionados con la *regulación de la información*.

El factor de *Conocimiento Metacognitivo* cuenta con el mayor porcentaje reportado por los alumnos (reactivo: d). Sin embargo, los porcentajes relacionados a la *Regulación Cognitiva* (reactivos: e, f, g, h, i) muestran menor variación en los resultados.

Uno de los reactivos que llama la atención, está relacionado con el factor de conocimiento de la cognición, (reactivo: d) y es: “Aprendo más cuando el tópico me interesa”; sin embargo, los estudiantes enfrentan algunas dificultades cuando se trata de identificar y entender nueva información (reactivo: c).

En los reactivos relacionados a la *Regulación Metacognitiva*, se observa que los estudiantes no siempre especificar las metas antes de comenzar una tarea o analizan el material proporcionado antes de comenzar una tarea (reactivos: e, f); en cambio, enfatizan el preguntarse acerca de la consistencia en la resolución de un problema (reactivos: g, h, i).

Cabe mencionar que este cuestionario fue aplicado inmediatamente después de que concluyeron la presentación del proyecto final (problemas de diseño), y debido a que el proyecto requería un gran esfuerzo para organizar la información, puede ser la razón por la cual los estudiantes reconocen de forma constante las habilidades metacognitivas relacionadas con la *Regulación de la Información*, más que las habilidades relacionadas con el *Conocimiento de la Cognición*., sin embargo se requiere análisis más detallados para poder soportar esta hipótesis.

1.2.2 Segunda etapa

Con la finalidad de darle seguimiento a los estudiantes para el segundo curso se modificó la escala de medición para obtener mayor información (Anexo IV). Los resultados obtenidos se muestran en el Gráfico 3.

Como ya se había mencionado en la etapa anterior los cuatro primeros parámetros graficados corresponden al rubro relacionado con *Conocimiento Cognitivo* y los otros cinco parámetros corresponden al rubro relacionado con *Regulación de la Cognición*.

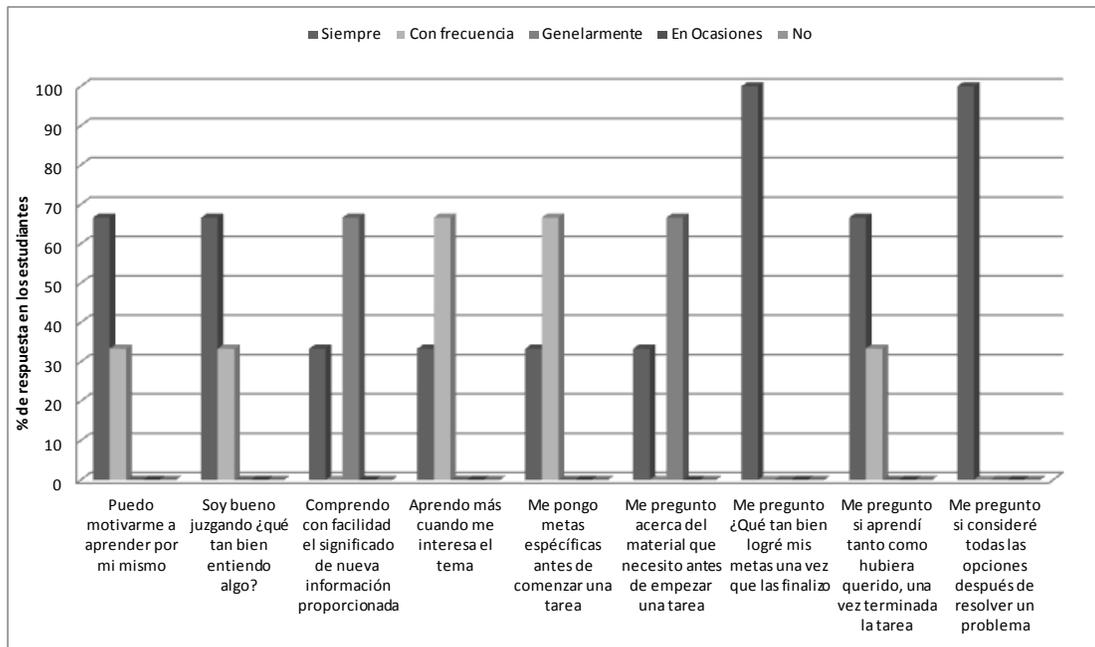


Gráfico 3. Evaluación de las habilidades metacognitivas para el curso (IQ-408)

Para el factor de conocimiento cognitivo, los estudiantes respondieron dentro de las escalas *Siempre* y *Con frecuencia*, lo que indica una conciencia de sus procesos cognitivos respecto a este rubro.

Para el factor de regulación de la cognición nuevamente los reactivos *g*, *h*, *i*, vuelven a tener un alto porcentaje dentro de las respuestas de los estudiantes, lo que indica el nivel de regulación de sus propios procesos cognitivos.

A diferencia de los resultados obtenidos durante la primera etapa, en esta ocasión los porcentajes que muestran una constante son los relacionados al Conocimiento Cognitivo (a, b, c, d), aunque cabe mencionar que los mayores porcentajes se reportan dentro de los

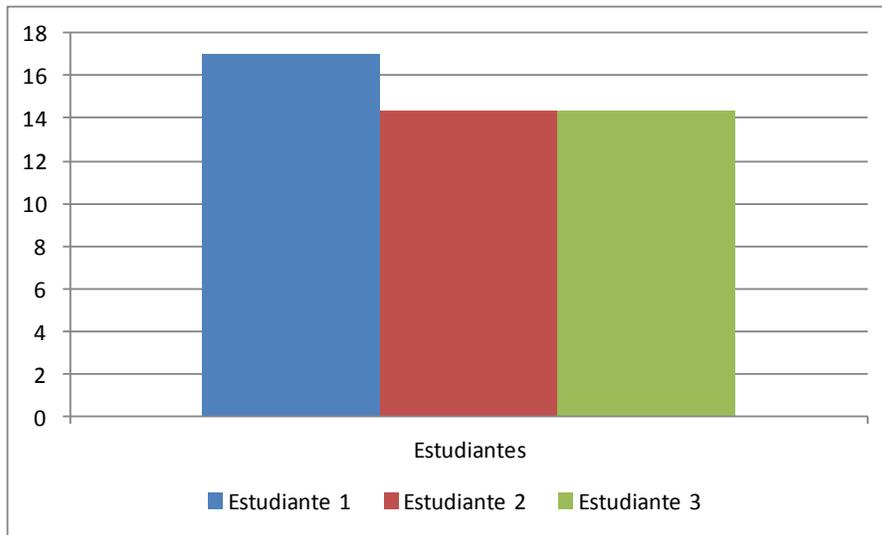
reactivos relacionados con la Regulación de la Cognición. Como son “Me pregunto ¿qué tan bien logré mis metas una vez que las finalizo? (reactivo g), así como “Me pregunto si consideré todas las opciones después de resolver un problema” (reactivo i), nuevamente este resultado podría deberse al hecho de que los estudiantes presentaron su problema de Diseño en donde tuvieron que argumentar el proceso que realizaron y posteriormente se les aplicó el cuestionario en donde se les pedía que señalaran conforme a la escala planteada, ¿en qué grado reconocían las siguientes aseveraciones?

Cabe mencionar que en comparación con el cuestionario aplicado durante la primera etapa, los estudiantes aumentaron el porcentaje de los reactivos relacionados con el Conocimiento Cognitivo, por lo que a pesar de obtener los mayores porcentajes dentro de los reactivos de Regulación de la Cognición, se aprecia que los estudiantes durante esta etapa comienzan a reconocer en mayor medida los reactivos que se relacionan con el Conocimiento Cognitivo (Gráfica 2 y 3).

1.2.3 Tercera etapa

Durante esta etapa, se aplicaron los 52 reactivos que contiene el Inventario de Consciencia Metacognitiva, en los estudiantes del 9° semestre, con la finalidad de conocer el nivel de consciencia cognitiva que reconocen tanto para el factor de *Conocimiento Cognitivo*, como para el de *Regulación Cognitiva*.

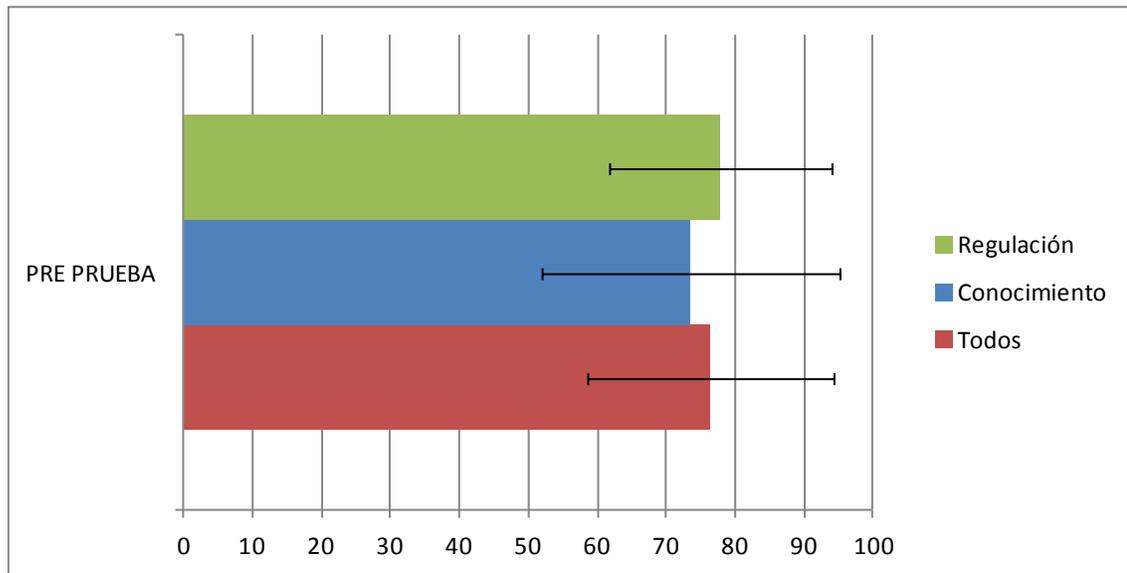
Se propuso que la escala de evaluación del inventario fluctuara entre el 1 y el 20, los resultados obtenidos de las respuestas de los estudiantes se presentan en la Gráfica 4



Gráfica 4. Puntaje total obtenido en el Inventario de Conciencia Metacognitiva

De manera general, los estudiantes se evaluaron con puntajes altos, siendo 17 el puntaje más alto y reportado para un solo estudiante; y el puntaje mínimo fue de 14 para los otros dos estudiantes, sin embargo ninguno de los estudiantes alcanzó el puntaje máximo de la prueba, lo que nos sugiere que siguen teniendo algunas dudas con respecto a qué tanto logran reconocer lo que hacen o están consciente de hacerlo?

Con la finalidad de observar el comportamiento que se presenta para cada uno de los factores de cognición (Conocimiento Cognitivo y Regulación de la Cognición), se analizan los porcentajes reportados por los estudiantes (Gráfica 5).



Gráfica 5. Resultados del Inventario de Conciencia Metacognitiva en estudiantes del 9º Semestre, reportados en porcentajes

La grafica muestra que existe un porcentaje similar tanto para las habilidades de *Conocimiento Cognitivo* y *Regulación de la Cognición*, siendo nuevamente el factor de *Regulación de la Cognición* el que cuenta con un mayor porcentaje (76.5%) a diferencia del *Conocimiento Cognitivo* (73.5%).

Los resultados obtenidos nos sugieren que si bien los estudiantes están conscientes de su proceso cognitivo, el porcentaje alcanzado varían alrededor del 70 %, por lo que se recomienda realizar un estudio más fino con relación a los diferentes factores del MAI para poder detectar cuáles son los reactivos en los que no se sienten tan confiados de reconocer y trabajar en ellos para lograr una mayor consciencia metacognitiva.

Para el caso de los estudiantes de 9º semestre no se realizó una post prueba, por lo que fue imposible contar con un análisis comparativo

1.2.4 Cuarta etapa

Con la finalidad de evaluar el proceso metacognitivo a través del Inventario de Conciencia Metacognitiva (MAI), se realizó una pre-prueba y una post- prueba obteniendo los siguientes resultados

En la gráfica 6 se observan las medias totales de la pre-prueba y post prueba del MAI, las barras azules representan las habilidades relacionadas con *Conocimiento de la Cognición*, mientras que las barras en color rojo representan los resultados relacionados con habilidades de *Regulación de la Cognición*. Los resultados globales están representados en las barras de color verde.

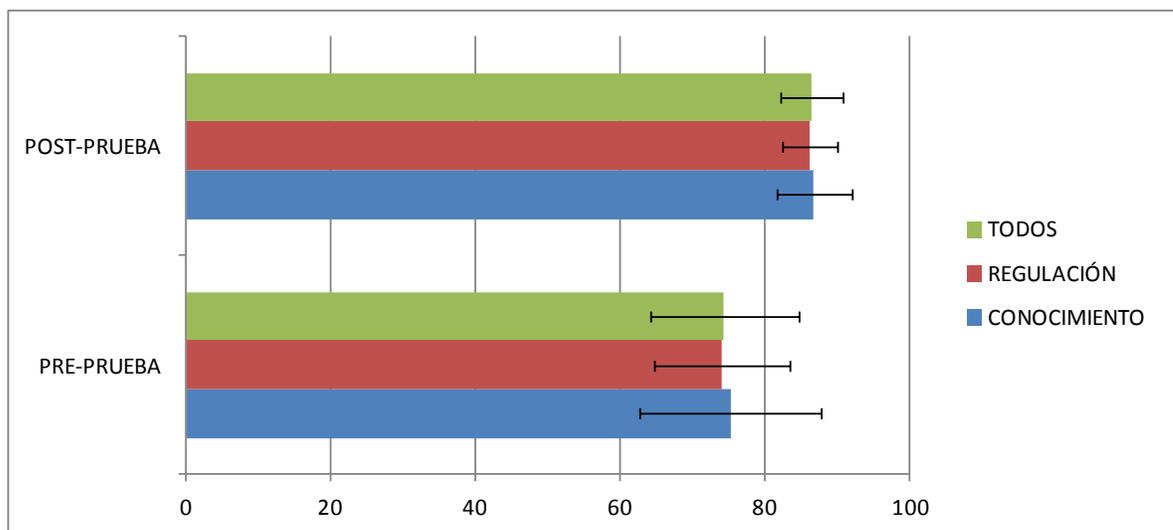


Gráfico 6. Pre-post prueba aplicada a los estudiantes de 7º semestre

De manera general se observa como los porcentajes obtenidos en la pre prueba son menores a los obtenidos en la post prueba, lo cual sugiere que el trabajar con los estudiantes en su proceso metacognitivo a lo largo del curso se ve reflejado en el que los estudiante identifiquen con mayor facilidad los procesos metacognitivos que están realizando (Tabla 8).

Tabla 8. Media y desviación estándar obtenidas de la pre y post prueba del MAI, durante la cuarta etapa

	PRE-PRUEBA			POST-PRUEBA		
	TODOS	CONOCIMIENTO	REGULACIÓN	TODOS	CONOCIMIENTO	REGULACIÓN
MEDIA	74.42	75.27	74	86.38	86.76	86.19
SD	10.36	12.54	9.29	4.27	5.21	3.80

Los resultados sugieren que los estudiantes lograron tener un desarrollo de habilidades metacognitivas a lo largo del curso que les permitió aumentar el nivel de reconocimiento metacognitivo, tanto para los factores relacionados con el *Conocimiento Cognitivo* como los factores relacionados con la *Regulación de la Cognición*.

1.3 Uso de la Tablet PC

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la percepción de los estudiantes respecto al uso de la Tablet PC durante las diferentes etapas que integran el estudio.

1.3.1 Primera etapa

Con la finalidad de conocer la percepción de los estudiantes al utilizar la Tablet PC, se aplicó una encuesta de preguntas abiertas. Las impresiones que dieron los estudiantes fueron las siguientes

1. Te gustó usar una Tablet PC?, ¿Por qué?

Alumno 1

“Si, es una herramienta útil y fácil de utilizar. Además se cuenta con programas de Ingeniería Química”

Alumno 2

“Sí, porque era muy práctico copiar algunos datos o ecuaciones que ya tenías, además de que tenías la opción de escribir con colores, me gustó más cuando hicimos trivias en la Tablet PC, me sentí muy a gusto, repasamos y nos divertimos”

Alumno 3

“Sí, porque me parece una herramienta fácil de usar más que nada porque sirve como computadora y libreta al mismo tiempo”

Alumno 4

“Si, ya no utilizaba la compu y aparte la podía ocupar cuando requería internet o excel, lo único que no me gustaba es que luego no me obedecía”

La percepción general de los estudiantes es de agrado al haber utilizado las Tablet PC por las aplicaciones y programas que tenían.

2. ¿Consideras que el uso de la Tablet PC tuvo algún impacto en tu aprendizaje?, ¿Cómo se dio?

Alumno 1:

“Si, tuvo un impacto en el aspecto de que se me facilitó trabajar y aprender con la computadora ya que anteriormente yo solo trabajaba con lápiz y papel”

Alumno 2:

“Pues tal vez con la asociación de imágenes podía acordarme de ciertos conceptos o ejercicios, eso fue más fácil porque en mis notas tenía muchos colores”

Alumno 3:

“Siento que puedo aprender igual en una libreta y de cierta forma es más fácil porque al estar la libreta puedo meter más rápido la información a los software”

Alumno 4

“Siento que no hubo un impacto muy grande solo, que me apoyaba mucho”

Algunos de los estudiantes mencionaron que les agradó el trabajar con la Tablet PC, sin embargo no sintieron que tuviera un impacto importante en su aprendizaje, pues consideraban que podían aprender igual con la Tablet PC o sin ella.

3. ¿Crees que haya una mayor participación en la clase utilizando una Tablet PC?

Alumno 1

“Probablemente, depende de muchos factores ya que hay personas que se les puede facilitar y a otras que se les complica”

Alumno 2

“Si cuando se realizan actividades como concursos o trivias como en el salón con la profesora Nelly al final todos checamos que contestamos y fue divertido”

Alumno 3

“Sí, porque es más didáctico y el programita classroom p. me parece excelente para comparar resultados y ver los demás procedimientos”

Alumno 4

“Si, cuando trabajamos con el classroom”

Respecto a la participación en clase, los estudiantes perciben una mayor participación en clases debido al uso de los programas pedagógicos que utilizó el profesor durante las clases

4. ¿Qué potencial crees que tiene una Tablet PC en tu aprendizaje?

Alumno 1

“La verdad, no creo que sea una herramienta que cambie mi forma de pensar, esto se debe a que yo aprendí a aprender de distinta forma, sin embargo pienso que para futuras generaciones puede ser una herramienta indispensable”

Alumno 2

“Pues la verdad desde mi punto de vista es lo mismo que una libreta, solo que en electrónico y creo que fue de gran impacto cuando se trabajó en conjunto por ejemplo cuando se realizaron problemas que después se expusieron en el grupo”

Alumno 3

“Que puedes crear dibujos y acceder fácilmente a internet, puedes tener varias cosas abiertas a la vez para estar consultando”

Alumno 4

“Creo que la gran importancia de las tablets es que puedes estar trabajando en excel u otro programa”

Respecto al potencial que le ven al uso de la Tablet PC, los estudiantes expresan el no verle mucho más potencial a la Tablet PC, del que pudieran adquirir con las herramientas cotidianas (PC, Libreta...etc.)

5. ¿Crees que tiene alguna desventaja utilizar una Tablet PC durante la clase?

Alumno 1

“El internet, ya que la mayoría de las clases puedes estar conectado y perder el tiempo en otras cosas”

Alumno 2

“Si ya que es como un juguete en el que puedes pintar y además tienes acceso a internet o a juegos que te distraen”

Alumno 3

“Que tiene colores raya en las notas, dibujos y acceso a internet es fácil distraerte”

Alumno 4

“Pues tal vez como tiene internet, podemos caer en el vicio y meternos por ejemplo a facebook”

Los estudiantes perciben que existen diversos factores distractores al utilizar la Tablet PC y uno de estos es el internet.

De manera general, los estudiantes manifestaron en sus respuestas el agrado de manejar esta nueva herramienta, aunque no reconocían que la herramienta como tal tuviera algún impacto en su aprendizaje

Se debe considerar que al momento de aplicar el cuestionario los alumnos habían permanecido con la Tablet PC durante todo el semestre y tenían la posibilidad de explorar algunas de sus aplicaciones después de clase, como parte de las observaciones personales

realizadas en el salón de clase, pudimos presenciar las complicaciones con las que los estudiantes se enfrentaban a causa de la falta de pericia en la herramienta, como era el perder su información, trabajar con dos computadoras al mismo tiempo (Tablet PC y Computadora personal), así como tener la libreta al lado de la Tablet PC para poder revisar sus notas en lugar de utilizar la aplicación de la libreta electrónica (*OneNote*).

1.3.2 Segunda etapa

Como ya se mencionó con antelación, los estudiantes durante este curso continuaron utilizando la Tablet PC para su uso personal, por lo que al finalizar el curso se les aplicó la misma encuesta del curso anterior para conocer su percepción en el uso de la Tablet PC durante el curso. Los resultados obtenidos fueron los siguientes

1. ¿Te gustó usar una Tablet PC?, ¿por qué?

Alumno 1

Si, por que es una herramienta práctica. Me gusta cuando se puede ver lo que escribe el profesor (a) y que así vaya explicando

Alumno 2

Sí, es una herramienta útil para el aprendizaje

Alumno 3

Pues más o menos, porque cuando lo quieres ver tienes que prender la lap y eso me da flojera, a que vas y ves en tu libreta

Se observa la mayoría de los estudiantes se sintieron a gusto al utilizar la Tablet PC durante el curso, esto pudiera deberse al hecho de estar un poco más familiarizados con el uso de la PC Tablet PC

**2. ¿Consideras que el uso de la Tablet PC tuvo algún impacto en tu aprendizaje?
¿Cómo se dio?**

Alumno 1

Sí, pero aun así la materia me gusta y se puede acceder fácilmente a notas, hacer copy-paste y trabajar en excel al mismo tiempo

Alumno 2

No respondió

Alumno 3

Pues por el uso de Polimat y otros programas que tengas a la mano, las usas cuando quieres donde quieres

Los estudiantes consideran que tuvieron un impacto en su aprendizaje, sin embargo no se lo adjudican al uso de la Tablet PC, sino a la dinámica y programas instalados en la Tablet PC, se debe tener en cuenta que a comparación de las respuestas expresadas en el cuestionario anterior, los estudiantes comienzan a percibir que existió un impacto en su aprendizaje al utilizar las PC Tablet PC

3. ¿Crees que haya una mayor participación en clase utilizando una Tablet PC?

Alumno 1

Sí, porque todos están conectados y pueden estar participando al mismo tiempo

Alumno 2

Probablemente debido a que puede ser perjudicial para algunos (Internet)

Alumno 3

Si, cuando Nelly hace tipo concursos o ejercicios los resuelves y todos ven como los resuelven todos

En cuanto a la participación en clase, todos los estudiantes coinciden en el hecho que la participación en clase aumenta respecto al uso de la Tablet PC, cabe considerar que la población estudiada era muy reducida, por lo tanto, los estudiantes pudieron interactuar de forma dinámica con la profesora de la materia, así como entre ellos durante la solución de los problemas resueltos en clase.

4. ¿Qué potencial crees que tiene una Tablet PC en tu aprendizaje?

Alumno 1

Que puedes usar todas las herramientas y hacer un trabajo y/o ejercicio bien ejemplificado todo

Alumno 2

El mismo que sin ella

Alumno 3

Pues el uso de programas como Aspen etc, que cuando estas resolviendo algo puedes ver o consultar todo en el poder de un click

La potencialidad que le ven a la Tablet PC es en el uso de los software que están instalados, cabe destacar que a comparación de las respuestas que dieron el semestre anterior, los estudiantes comienzan a ver un potencial en el uso de la Tablet PC, lo que no ocurrió en las respuestas que proporcionaron el semestre anterior, donde expresaban no ver e potencial de la Tablet PC con respecto a usar una computadora o su libreta.

**5. ¿Crees que tiene alguna desventaja utilizar una Tablet PC durante clase?
¿Cuál?**

Alumno 1

Si, que tiene internet y te puedes desconectar o estar haciendo otras cosas

Alumno 2

Distracciones...ilegible el resto del texto

Alumno 3

Uso de face y otras páginas de diversión

Nuevamente dentro de las desventajas que los estudiantes le encuentran a la Tablet PC, está el uso de internet como factor distractor.

1.3.3 Tercera etapa

Para conocer la percepción de los estudiantes se aplicó una entrevista a profundidad y el análisis de la información se procesó con la metodología cualitativa del “análisis de contenido”.

Al finalizar el semestre se realizó una entrevista a profundidad a los estudiantes de 9º, la cual se incluye en el anexo I.

La entrevista se hizo en un ambiente informal para lograr que los estudiantes se sintieran con la libertad de expresar sus propias ideas, cada una de las entrevistas tuvo una duración de 10 minutos aproximadamente y fue destinada a los estudiantes con los que se comenzó el estudio inicial en el 2011, cuando cursaban el 7° semestre y cuyos resultados fueron publicados anteriormente (Ramírez-Apud y Colbs, 2012).

Cabe mencionar que al efectuarse la entrevista los participantes utilizaron un lenguaje coloquial para expresar sus ideas, por lo que se realizó una depuración de los modismos utilizados, sin vulnerar el sentido real de la idea proporcionada.

La codificación utilizada para el análisis de contenido es la siguiente

Sexo:

F, si pertenece a un individuo del sexo femenino,

M, si pertenece a un individuo del sexo masculino

Número

Se asigna un número para diferenciar los comentarios entre individuos, por lo que se añade

1: para el primer individuo de este sexo

2: para diferenciar al segundo individuo de este sexo

No de línea: numeración de la línea donde se encuentra el comentario citado dentro de la entrevista

Los reactivos utilizados en la entrevista pertenecen a investigaciones que se realizaron con objetivos similares a los presentados en este estudio (Gutiérrez-Cuba, 2011)

Para conocer la percepción de los estudiantes con el uso de la Tablet PC a lo largo de tres semestres (7°, 8vo y 9no), se realizó una entrevista a profundidad que duró

aproximadamente 10 minutos, la entrevista se realizó de manera simultánea a los tres estudiantes.

Con base en la información obtenida se realizó un análisis de contenido cualitativo, donde se generaron 5 categorías de análisis

- Experiencia con el uso de la Tablet PC
- Impacto en el aprendizaje
- Evaluación formativa (Retroalimentación)
- Potencial de la Tablet PC
- Desventajas en el uso de la Tablet PC

Experiencia con el uso de la Tablet PC

Dentro de esta categoría se analizó la percepción que tienen los estudiantes al utilizar una Tablet PC, así como la pericia que desarrollaron al conservarla a lo largo de tres semestres consecutivos

F/1/134

“teníamos que llevar todas nuestras notas, entonces al principio yo las llevaba en mi libreta y ya después fui usando la Tablet PC... pero si me ayudó mucho en lo de visualizar las cosa y eso, por la cantidad de imágenes que pueden poner y como lo pueden ir explicando mejor”

F/2/107

“Al principio no me gustaba usarla, o sea, no la sacaba y luego ya dije bueno vamos a darle una oportunidad y si me gustó y ya no la quiero devolver”

M/1/83

“Bueno el primer semestre ...creo que los primeros dos meses si me costó trabajo, realmente sacaba yo mi laptop, mi Tablet PC y mi cuaderno y la Tablet PC casi no la utilizaba, ..., fue muy difícil, pero me sirvió para que los semestres posteriores ya pudiera manejar mejor el equipo y realmente fue una herramienta muy útil.

F/1/5

“Pues era más dinámico, porque cuando hacíamos ejercicios los podía mandar y puedes ir viendo las respuestas de todos, entonces ya comparas con las respuestas de ellos y dices si estaba bien, o ha me faltó esto.”

F/2/6

“Pues al principio fue un poco complicado, porque no estábamos acostumbrados a trabajar con la dinámica de la Tablet PC y decía que era un problema estarla volteando, pero al final se me hizo muy práctico porque podías tener tus archivos, podías escribir y guardar todos tus archivos y tenerlos...y si necesitabas, usar Excel para calcular algo, podías abrir Paint y usar la imagen y pegarla fórmula ahí y era más fácil que estar ojeando una libreta.”

M/1/6

“La verdad, este, al principio si me costó un poco de trabajo adaptarme sobre todo por los programas, el estar manejando varios programas y tomar notas con la Tablet PC, si a veces cuesta trabajo, pero bueno ya es cuestión de práctica porque ya a la larga si me fui acostumbrando a hacer ese tipo de cambio de programa y este pues al final si fue una experiencia muy enriquecedora, para mí.”

Los estudiantes expresaron el hecho de tener al principio, algunas dificultades o renuencias al uso de la Tablet PC, sin embargo, posteriormente comentan que con base en la experiencia obtenida durante el tiempo que la usaron, no solo le vieron una gran utilidad, sino la mayoría considera que fue una experiencia muy enriquecedora para su aprendizaje.

Impacto en el aprendizaje

Se analiza la percepción de los estudiantes respecto al impacto que consideran que tuvo la Tablet PC en su aprendizaje, de la misma manera ver el cómo perciben sus aprendizajes respecto a otros compañeros que no tuvieron acceso a la Tablet PC durante sus cursos

F/1/24

“Pues creo que era más fácil, por que como... todo lo ponía en las diapositivas... pues si era más fácil, solo era como que de recordar y tener que estudiar para la clase”

F/2/15

“Pues yo siento que si ayudo... era muy práctico hacer los copy-paste de las imágenes, y en lugar de estar escribiendo la formula , como que era más rápido hacer todo y en lo particular a mí como, yo soy muy visual entonces entiendo por imágenes y por formulas, entonces si se me hizo más fácil.”

M/1/14

“Si por supuesto que tuvo un impacto, sobre todo, este, le digo en la facilidad en la que podemos, este, desempeñarnos ya con algunos software que tiene las computadoras.”

F/2/102

“una ventaja es que si realmente te comprometes, se hace como más dinámico y entiendes más que estando en un pizarrón.”

F/2/134

“En lo personal pienso que sí, pero también... por los software que tiene instalados y como que te permite ver tus apuntes, tener el otro software, como que te vuelves habilidoso”

M/1/108

“Lo que si notaba es que pues le digo yo trabajaba más rápido que mis compañeros no sé si aprendía mejor o igual que ellos, pero si notaba eso, que el aprendizaje era mucho más rápido.”

Se observa que el uso de la Tablet PC y los diversos software utilizados, no solo les facilitaron su propio aprendizaje, sino que se sentían mucho más diestros respecto a sus compañeros de clase que no utilizaron la Tablet PC

Evaluación formativa

Dentro de esta categoría se analizan las respuestas que se obtuvieron respecto a la retroalimentación obtenida durante los cursos, así como su participación en clase

F/1/6

“Comparas con las respuestas de ellos (sus compañeros) y así como que dices si estaba bien, o me faltó esto...Y como... (la profesora) podía poner todas las presentaciones y entonces podía (yo) ir escribiendo sobre ellas y ya a la hora de cuando tú llegas a tu casa y repasas ... era mucho más fácil”

F/1/32

“me sirvió que tenía los ejemplos reales (de las diapositivas), entonces ya no se me escapaba ningún detalle y a la hora de darle una repasada, leída o lo que sea, ya era más fácil”

F/1/79

“A mi si me sirvió, porque cuando haces las cosas y te dicen aquí está mal o aquí si está bien... como que lo recuerdas más que si tú ya lo vas checando solo en tu libreta y vas comparando con lo que ponen en el pizarrón...pero si se me queda más o lo comprendo más cuando me vas diciendo, a mira aquí está mal”

F/2/28

“En las clases(el profesor) subía las diapositivas y nos iba explicando, el tema y como tiene herramientas como colores o cosas así, pues se te va facilitando y pues igual te puedes desconectar y puedes hacer la actividad individual y luego la puedes mandar y puedes ver que hizo el otro”

F/2/68

A veces nosotros resolvíamos el ejercicios y ahí los teníamos... o a veces,... los podíamos mandar... y podíamos ver las respuestas de todos y ahí ella (la profesora) nos hacía ver nuestros errores”

F/2/75

“si esta práctico... la gente que es muy visual puede estar viendo lo que está explicando el profesor y con colores, pues lo asocias más rápido”

F/2/135

“por lo software que tiene instalados... te permite ver tus apuntes, tener el otro software, como que...te vuelves habilidoso”

F/2/146

“Yo siento que eso (el aprendizaje), es individual... pero siento que esto (la Tablet PC) si te facilita, te desarrolla habilidades.”

M/1/40

“eso (la retroalimentación), fue de las partes que más me agradaron de las Tablet PC, el tu poder encontrar tus errores o tus aserciones en un problema”

M/1/47

“Había algunos problemas que la Maestra precisamente para aprender más nos mandaba a los problemas de nuestros compañeros, e inclusive, ella no nos decía nada... al principio nos decía haber encuentren los errores de sus compañeros y de esa manera pues tu podías ver en que estabas bien o en que estaban mal, ya al final, la maestra ya nos daba ya la respuesta correcta y ya podíamos verificar nuestro problema”

De manera general, el uso de la Tablet PC les sirvió a los estudiantes para aprender por ellos mismos y de igual forma aprender a través de la retroalimentación proporcionada en tiempo y forma, así como de los aciertos y errores de sus otros compañeros

Potencial de la Tablet PC

Dentro de esta categoría se muestran los comentarios realizados respecto a que otros software utilizaron, si les sirvió para otras asignaturas y si consideran algún otro uso que no se consideró durante las clases

F/1/66

“te podías ir a donde fuera a cualquier lugar de la Universidad y ya tenías ahí a la mano los programas, no tenías que trasladarte a otro lado, para buscarlos en las campus (de la Universidad)... porque todas las herramientas que necesitas de la clase estaban en la lap.”

F/1/104

“también contestamos exámenes o ejercicios... que vienen en internet, te conectas y haces más ejercicios”

F/1/115

“Simulamos mucho, todos los ejercicios que hacemos a mano luego los simulamos en la compu”

F/1/134

“Teníamos que llevar todas nuestras notas, entonces... yo las llevaba en mi libreta y ya después fui usando la Tablet PC... usamos el OneNote si tuve ahí todos mis apuntes”

F/1/148

“como ahí los tenía en la Tablet PC (software) entonces pues era fácil decir pues este para que sirve y le picabas y a ver para que servía.”

F/2/8

“Se me hizo muy práctico porque podías tener tus archivos, podías escribir y guardar todos tus archivos y tenerlos... era más fácil que estar ojeando una libreta.”

F/2/15

“Era muy práctico hacer los copy-paste de las imágenes, en lugar de estar escribiendo la formula”

F/2/29

“Tiene herramientas como colores... se te va facilitando (la actividad)”

F/2/39

“El OneNote lo usábamos mucho para resolver ejercicios por ejemplo y de ahí en fuera los software como Excel...usamos Mathlab, Polimath”

F/2/93

“También puede servir como acordeón, de cierta forma... puedes sacar tus apuntes”

F/2/123

“Una vez la use en química analítica para resolver unos problemas porque el profesor nos dejaba sacar apuntes y en esa clase... y necesitábamos Excel o alguna herramienta para hacer cálculos”

F/2/129

“Te tardas menos en escribir algo que en estarlo redactando como una formula o cosas así”

M/1/22

“La Maestra escribía... lo que se iba a ver y ya nosotros podíamos.... inclusive podíamos escribir sobre la misma pantalla y en equipo”

M/1/34

“El aspen, este fue el que más utilice, el simulador, utilice Minitab y obviamente pues lo que es Word, Excel y Power Point”

M/1/40

“El que tu poder encontrar tus errores o tus aserciones en un problema”

M/1/64

“otra utilidad... gracias a que tenemos varios programa en las tablets, puedes tomar tus apuntes ya sea en libreta y aparte transcribirlos a Word en el mismo tiempo o hacerlo en el One Note y mandar tus archivos y realmente esto funciona como una biblioteca o como tu cuaderno de apuntes puedes tener todos tus libros, tus apuntes y todo, otra utilidad pues que le doy, es también, un poco para distraerme ya en mis tiempos libres, ver videos etcétera.”

Se observa que los estudiantes pudieron potencializar los usos de la Tablet PC, utilizando el software que trae la Tablet PC, así como algunos otros que instalaron y que les sirvieron para aspectos tanto académicos como recreativos.

Desventajas

Se analizan las desventajas que los estudiantes encontraron en el uso de las Tablet PC

F/1/11

“Pero lo que no me gustó es que a veces, como es touch la pantalla yo le modificaba y no guardaba mis diapositivas...y como ahí anotaba todo ya no sabía dónde conseguir eso... pero como se borraba eso era lo que no me gustaba siempre me pasaba ese problema, todo se me borraba”

F/1/120

“Yo por ejemplo me metía a Facebook o a ciertas paginas... para perder el tiempo”

F/1/125

Al correo (electrónico) a si, entonces sí estaría bien que si lo vas a usar (la Tablet PC) bloquearan esas páginas de Facebook y otras... que te quiten el tiempo”

F/2/97

“Una desventaja es que tienes internet, puedes estar en el facebook, puedes estar en cualquier otra página”

F/2/77

“También eso implica que tengas internet, facebook y..., no tienes el control de cuanta gente puede estar poniendo atención... no sabes si tienes el control realmente.”

M/1/73

“Pues si bueno, lo de facebook que es a veces un distractor”

M/1/74

“la desventaja le veo... tenemos que estar al pendiente de las computadoras porque es un equipo prestado”

M/1/77

“He usado este equipo para todas mis materia y para todos mis trabajos y... en Verano... no tuve el equipo y si me afecto en lo académico porque no contaba con mis programas”

Se observa que la principal desventaja que perciben los estudiantes, es el hecho de tener conexión a Internet y se vuelva un distractor durante la clase, sin embargo otras de las preocupaciones se enfocan al hecho de perder información por su falta de pericia al haber recibido la Tablet PC; y por otro lado la dependencia que presenta tener toda la información en un equipo que les presta la universidad.

1.3.4 Cuarta etapa

Cabe mencionar que para esta etapa del proyecto no se aplicó la entrevista relacionada con el uso de la Tablet PC en la solución de problemas, debido a que lo estudiantes solo ocupaban la Tablet PC durante la clase y no tuvieron la oportunidad de interactuar con la herramienta de manera permanente durante el semestre.

5. AUTOBIOGRAFÍA

AUTOBIOGRAFÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto forma parte de una propuesta de Intervención Educativa, la cual es una estrategia de planeación y actuación profesional que permite a los agentes educativos tomar el control de su propia práctica profesional mediante un proceso de indagación-solución, donde se considera una fase de Planeación, Implementación y Evaluación (Barraza, 2010).

Dentro de las reflexiones finales de este trabajo se incorpora un apartado autobiográfico acerca de las experiencias vividas a lo largo de este proyecto, considerando las diferentes fases de la Intervención Educativa: Fase de planeación, Fase de implementación y Fase de evaluación

FASE DE PLANEACIÓN

Como parte del proceso final del programa doctoral, me fue planteado, -por mi director de tesis-, el desarrollo de un trabajo de intervención educativa; la profesora que accedió a formar parte de este trabajo tenía a su cargo una materia del 7° semestre de la Licenciatura en Ingeniería Química en la UDLAP, cabe mencionar que el curso donde se desarrollaría el proceso ya había comenzado, por lo que se optó por un rol más de observador dentro de grupo, para que los estudiantes se fueran acostumbrando a mi presencia dentro del salón.

Uno de los primeros elementos que se tuvieron que considerar fue el tipo de estudio que se podría llevar a cabo con el grupo, debido a que se debía considerar el hecho que la población de estudio era muy reducida, - comenzando con cuatro estudiantes y finalizando con tres-, por lo tanto, - y una vez definidas las líneas de desarrollo-, se planteó el realizar un seguimiento de los estudiantes, considerando que las materias impartidas por la profesora colaboradora eran seriadas dentro de la curricula, lo cual nos permitía el acompañamiento y seguimiento de los procesos a lo largo de los tres últimos semestres de la Licenciatura.

Para comenzar a planear los ambientes de aprendizaje, fue importante asistir como observador al curso de la docente para conocer la dinámica de clase que se estaba desarrollando, vale la pena recalcar que la materia es una asignatura disciplinaria en un campo profesional del cual yo no era experta, sin embargo la dinámica de la clase me permitió observar la buena interacción y disposición tanto de la docente como de los estudiantes para poder realizar un estudio de intervención educativa.

A pesar de que el objetivo general estaba planteado, se fueron re definiendo varios de los objetivos particulares, como fue el definir los tipos de problemas que se iban a utilizar durante la Solución de Problemas, el instrumento que nos permitiera medir el Desarrollo de Habilidades Metacognitivas en los estudiantes, y la evaluación del uso de las Tablet PC, así como los programas que se iban a utilizar en clase.

FASE DE IMPLEMENTACIÓN

Durante esta fase, nos enfocamos a probar en los estudiantes, los diferentes instrumentos y estrategias planificadas para ir monitoreando tiempos y comenzar a evaluar los resultados.

Cada uno de los tópicos de investigación presentó sus particularidades como se comenta a continuación

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Una de las situaciones clave dentro de este rubro, fue el decidir cuáles serían los tipos de problemas que se estarían desarrollando, así como su aplicación en el campo disciplinario.

Respecto al desarrollo de la solución de problemas, cabe mencionar el enorme apoyo por parte de la investigadora a cargo del curso, debido a que fue suficiente una simple explicación de los procesos que estábamos interesados en investigar; para que con gran pericia los adecuara a los contenidos disciplinarios que manejaba dentro del curso.

HABILIDADES METACOGNITIVAS

Uno de los principales retos en el trabajo fue el definir los instrumentos que nos permitieran evaluar los procesos metacognitivos en los estudiantes, en algún momento se planteó evaluar este rubro por medio de apreciación de algunos expertos, o por argumentación de las respuestas obtenidas por los estudiantes; sin embargo finalmente se optó por adaptar un instrumento que fue desarrollado para medir la conciencia metacognitiva de los estudiantes.

Cabe mencionar que al comenzar el proyecto no se contaba con el instrumento completo, por lo que se comenzó por la aplicación de algunos de los reactivos que involucra y a partir de estos, ir monitoreando la respuesta de los estudiantes a través de ir ajustando las respuestas dentro de una escala de Licker, para la etapa final del proceso se pudo aplicar el instrumento completo y a partir de estos realizar un análisis.

Durante la etapa de habilidades metacognitivas, el proceso fue muy satisfactorio, debido a que los estudiantes reconocían habilidades metacognitivas y conforme avanzaban en el curso, mayor era la facilidad con la que reconocían estas habilidades.

USO DE LA TABLET PC

Considero que el apartado del uso de la tecnología durante el trabajo fue uno de los rubros que mayor interés despertó en mí, debido a que en un principio los estudiantes realmente se portaban renuentes al uso de las Tablet PC, durante la clase. Considero que el papel que tuvo la docente de la materia fue primordial, considerando el hecho de planear actividades pedagógicas donde se involucrara el uso de las Tablet PC

Fue interesante observar a lo largo del estudio cómo los estudiantes, al principio del trabajo, se mostraban un poco renuentes al uso de las Tablet PC para sus clases y así lo expresaban en las entrevistas realizadas, y conforme avanzaban en sus cursos y se familiarizaban con el uso de la Tablet PC, iban manifestando el hecho de ser una herramienta que les facilitaba notablemente los procesos de aprendizaje.

FASE DE EVALUACIÓN

El tratarse de un estudio longitudinal, y trabajar con una población de estudiantes reducida, nos permitió ir afinando cada uno de los procesos e instrumentos aplicados para poder contar con la mayor información conforme los estudiantes avanzaban en sus cursos curriculares.

Lo anterior nos permitió hacer la implementación de los ambientes de aprendizaje para una nueva población de estudiantes, sin embargo al analizar los resultados de estos estudiantes con respecto al uso de Tablet PC, fue evidente que la herramienta no tuvo el mismo impacto que en el primer grupo de estudio y el hecho de no poder conservar la Tablet PC durante todo el semestre y el utilizarla en todas sus clases.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Resolución de problemas

A lo largo de este estudio se observó que el trabajar con los estudiantes ambientes de aprendizaje basado en problemas, les permite formular sus propias estrategias de solución y comienzan a apropiarse de procesos para la solución de problemas.

El ir presentando los problemas gradualmente en orden de complejidad, le permite al estudiante integrar la nueva información de manera gradual para encontrar mejores y efectivas formas de solución a un problema.

La tipificación de problemas propuesta por Jonassen (2011), resulta ser un buen parámetro para diseñar los ambientes de aprendizaje en la solución problemas, así como para poder introducir al estudiante a problemas cada vez de mayor complejidad.

El exponer a los estudiantes los problemas de diseño, permitió evidenciar sus procesos de aprendizaje durante la solución del problema, así como justificar por medio de la argumentación lo que consideraban la mejor solución al problema.

La finalidad de desarrollar Ambientes de Aprendizaje Basados en la Solución de Problemas, fue el que los estudiantes realicen diversos procesos de solución de manera estructurada, metodológica y consciente, y de esta forma ir acompañándolo hacia el desarrollo de habilidades cada vez más complejas.

El utilizar diferentes tipos de problemas, permite al estudiante ir complejizando su estructura cognitiva a niveles de mayor complejidad, debido a que como Greeno (1980 en Jonassen 2011) menciona, una de las principales razones para distinguir entre los diferentes tipos de problemas es partir del supuesto de que diferentes tipos de problemas requieren de diferentes tipos de habilidades para su solución.

Los estudiantes no solo tuvieron la oportunidad de desarrollar diferentes tipos de habilidades para cada uno de los problemas que desarrollaron, sino que al mismo tiempo se fue monitoreando su desarrollo metacognitivo y al mismo tiempo se fue guiando el proceso de solución.

Considerando que para Jonassen (2011), la solución de problemas involucra dos atributos críticos. *Primero* la solución de problemas requiere una representación mental del problema, en donde estructura simbólica es fácilmente identificable en problemas bien estructurados; y esta a su vez va aumentando el grado de dificultad conforme el problema se vuelve menos estructurado. *Segundo*, la solución de problemas requiere manipular y poner a prueba este modelo mental con la finalidad de generar una solución.

Se considera que ambos atributos se observan durante los diferentes procesos de solución de problemas, y el segundo atributo se observa particularmente dentro del análisis realizado para los *Problemas de Diseño*, en donde los estudiantes mostraron pericia al momento de plantear diferentes escenarios de solución, así como poder proponer un procedimiento basado en el análisis de estos escenarios para proporcionar la solución que consideraban como óptima para el proceso.

Dentro de este estudio se comenzó por trabajar con los *Problemas con Historia* debido a que la solución de problemas enfatiza la representación cuantitativa de un problema (Jonassen, 2011), y ésta representa en algunos casos la incapacidad de seleccionar y aplicar apropiadamente las operaciones aritméticas que se encuentran involucradas (Zweng, 1979; en Jonassen, 2011).

Al utilizar resolución de problemas con los estudiantes, se busca que los aprendices vayan desarrollando un dominio en el conocimiento especializado y manejo de la información. La *Solución de Problemas* (troubleshooting problem) ha sido ampliamente utilizada en el área de la medicina, los autores Boshuizen and Schmidt (1992 en Jonassen 2011), muestran cómo si se tienen los conocimientos del área de la medicina, se va generando dominio en el

conocimiento , el cual queda encapsulado en experiencias clínicas; esto es, la práctica en la resolución de problemas, le permite al estudiante ir apropiándose del proceso de solución por medio de la experiencia adquirida y dominio del propio conocimiento cognitivo.

Para los problemas de *Toma de Decisión* (Decision Making Problem), las evidencias obtenidas por Li, Mayhew y Kourtzi (2009; en Jonassen), indican cómo las experiencias pasadas son de mucha ayuda cuando se tiene que realizar una toma de decisión compleja y que está basada en información poco clara y confusa. La finalidad de que los estudiantes practiquen problemas en donde lleven a cabo el proceso de toma de decisión en contextos disciplinarios como se realizó en este trabajo, provee al estudiante de experiencias que podrá utilizar cuando se encuentre en el campo laboral y le corresponda asumir esta responsabilidad.

Por su parte Besnard & Bastien-Toniazzo, 1999; Gaba, 1991 (en Jonassen, 2011), mencionan que los expertos en la solución de problemas tienen la capacidad de reconocer los patrones relacionados con diferentes estados de fallo; con lo que se logra desarrollar estructuras cognitivas que permiten un dominio estructurado del conocimiento, manejar información que esta contextualizada que finalmente pasa a formar parte de las experiencias del estudiante (Jonassen, 2011).

Finalmente el haber trabajado con los estudiante los problemas de diseño responde a que son el tipo de problemas que realizan de forma más frecuente los ingenieros en el área laboral (Dym and Little, 2004).

Por su parte Durward y colbs. (2004), analizaron el desempeño de 14 ingenieros mecánicos durante el desarrollo de un proyecto de diseño, sus resultados demuestran la importancia que tiene el definir el problema debido a que prácticamente se fusiona con la fase de generación de alternativas de solución. Por lo anterior, los estudiantes requieren herramientas tecnológicas que les permitan asimilar la información para tener un profundo entendimiento del problema y de esta forma potencializar las soluciones.

Con base en lo anterior, se pudo observar que el uso de la Tablet PC durante el desarrollo del problema de diseño que efectuaron los estudiantes, les permitió realizar una presentación dinámica, utilizando los diversos programas que se requerían para mostrar la información de manera fluida y poder argumentar teniendo como referencia los datos y propuestas planteadas. Se considera que el papel del uso de las tecnologías durante el Problema de Diseño, les permitió a los estudiantes estructurar y organizar una gran cantidad de datos y procesos durante la presentación y desarrollo de su modelo.

Habilidades Metacognitivas

La metacognición, es un proceso particularmente difícil de medir, debido a que no es un comportamiento explícito y por otro lado, los individuos generalmente no están conscientes de este proceso Akturk *et al* (2011). Las herramientas de medición que se han utilizado para la metacognición se han investigado en dos vertientes: por un lado reportes basados en lo que el individuo dice- como son cuestionarios y entrevistas) y una medición objetiva del comportamiento (por ejemplo observación sistemática y protocolos de pensar en voz alta) (Sandí-Ureña, 2008; en Akturk *et al*, 2011).

Los estudiantes fueron capaces de reconocer las habilidades cognitivas y desarrollarlas a lo largo de los distintos semestres.

La finalidad de evidenciar el proceso de metacognición en los estudiantes se hizo presente en los resultados arrojados al aplicar el Inventario de Conciencia Metacognitiva, donde los estudiantes fueron capaces de reconocer los factores cognitivos utilizados durante su proceso de aprendizaje, tanto en los factores de Conocimiento Cognitivo, pero sobre todo en los factores de Regulación de la Cognición.

Al comparar los resultados obtenidos entre la aplicación del MAI en los estudiante de la tercera (9° semestre) y la cuarta etapa (7° semestre), se aprecia que los estudiantes de la tercera etapa presentan un porcentaje mayor para el factor de *Regulación de la Cognición*, mientras que los estudiantes de la cuarta etapa, presentaron porcentajes un poco más altos

para el factor de *Conocimiento de la Cognición*, sin embargo se requiere un análisis minucioso que involucre no solo los contenidos revisados en esta asignatura, sino también aquellos que los estudiantes están revisando en las demás asignaturas del semestre.

Estudios han demostrado aquellos individuos que son metacognitivamente conscientes de su aprendizaje son más estratégicos y tienen un mayor rendimiento que aquellos que aprenden de forma no consciente (Garner y Alexander, 1989; Pressley y Ghatana, 1990; en Schraw y Dennison, 1994). En los resultados obtenidos de la cuarta etapa donde se pudo ver la comparación de los resultados de la prueba, se debe considerar que los estudiantes estuvieron trabajando a lo largo del semestre con diferentes tipos de problemas, en donde parte de la solución era ir reconocido el proceso que seguían al resolver cada uno de los problemas, por lo tanto se estuvo trabajando al parte metacognitiva con los estudiantes durante los diferentes procesos de solución de problema.

Otro de los factores que consideran los autores puede ser influyente en el desarrollo de una consciencia metacognitiva es el factor de la experiencia y la edad (Schraw y Dennison, 1994), por lo que sería interesante realizar un estudio comparativo entre los estudiantes que se encuentran en los primeros semestres con los resultados obtenidos durante este trabajo, debido a que nuestra población de estudio fueron alumnos que se encontraban en los últimos semestre de la licenciatura.

En los resultados obtenidos, se puede observar que existe una diferencia entre los resultados obtenidos al comienzo del curso con los obtenidos al finalizar el curso, lo cual muestran que los estudiantes al estar trabajando procesos de solución de problema y de cierta forma los resultados obtenidos, muestran cómo los estudiantes desarrollaron habilidades metacognitivas durante el curso, estos resultados pueden verse reflejados en los resultados obtenidos durante este trabajo

Cabe mencionar que durante este estudio, no se contó con un grupo control, que permitiera observar claramente las diferencias entre uno y otro grupo, sin embargo el factor de

comparación se realizó entre los estudiantes que se encontraban en el 9° semestre, -con los cuales se hizo el seguimiento-, y los nuevos estudiantes que se inscribieron al 7° semestre, que es el semestre a partir del cual se comenzó el seguimiento de los primeros estudiantes.

Aspectos Tecnológicos

El uso de la Tablet PC, pudo potencializar el aprendizaje de los estudiantes, sobre todo en aquellos a los que se les realizó el seguimiento. El análisis de las entrevistas realizadas a los estudiantes nos permite observar el cambio en la percepción de los estudiantes durante el seguimiento y como ésta –percepción-, cambia conforme se van familiarizando con el uso de la Tablet PC, al grado de considerarla una herramienta indispensable para su aprendizaje.

Un estudio realizado por Kowalski *et al* (2009), se basa en las experiencias adquiridas por docentes del área de Ingeniería de diferentes partes del mundo que utilizaron Tablet PC para recabar resultados de sus estudiantes. Los autores concluyen que el uso de la Tablet PC para coleccionar evaluación formativa en tiempo real es cada vez más común dentro de los salones de Ingeniería alrededor del mundo. Durante este estudio pudimos apreciar el que los estudiantes reconocen el haber tenido una retroalimentación en tiempo real que les permitió comparar y contrastar sus resultados con los de la docente y los de sus compañeros.

Por su parte Brophy y Walker (2005), realizaron un estudio preliminar de resolución de problemas utilizando la Tablet PC, en cerca de 50 estudiantes de ingeniería, los resultados muestran que los estudiantes son más propensos a prestar atención durante la clase, así como a reconocer los con mayor facilidad puntos sobresalientes de las presentaciones. En este estudio se observó un comportamiento parecido en los estudiantes, debido a que los estudiantes estaban pendientes a las indicaciones que les proporcionaba la docente durante la clase, al tiempo que podían hacer sus propias anotaciones en la presentación de la docente, gracias a los programas que utilizaron para las clases (ClassroomPresenter).

Con la finalidad de ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades y actitudes que los preparen para un aprendizaje para la vida, Gutiérrez-Cuba *et al* (2012), realizan el rediseño de un curso de Ingeniería utilizando como herramienta la Tablet PC. Los resultados reportados demuestran que los estudiantes piensan que usando la Tablet PC incrementan la motivación para participar en clase haciéndola más activa, expresan el hecho de querer que otros cursos implementen el uso de la Tablet PC y mencionan el hecho de recibir una retroalimentación en tiempo real por parte del docente que les permite hacer visible su pensamiento, así como darles la oportunidad de revisar sus resultados.

Los resultados obtenidos muestran que a través del uso de la Tablet PC y las tecnologías asociadas, los estudiantes consideran que aumenta su participación en clase, y la experiencia de aprendizaje en el aula son más interactivas aumentando con ello la comprensión de los tópicos revisados en clase, favoreciendo la retroalimentación en tiempo real por parte del docente y de sus propios compañeros de clase. Entre las desventajas que consideran tiene el uso de la Tablet PC, es el hecho que el docente tendría que monitorear el que los estudiantes no estén distraídos con el Internet o las redes sociales

Carney (2005) plantea una serie de metas y submetas de cada uno de los lentes del Modelo HPL, así como prácticas asociadas en el salón de clase para cada uno de estos lentes. Tratando de vincular los resultados obtenidos de ambientes de aprendizaje desarrollados con cada uno de los lentes del Modelo, se tiene:

Ambientes Centrados en el que Aprende

El objetivo de la enseñanza centrada en el estudiante, es ayudar a los estudiantes a construir conocimientos conceptuales y culturales que les ayuden a desarrollar habilidades y mejores prácticas para aprendizajes futuros (Carney, 2005). Lo cual se hizo evidente durante las entrevistas realizadas a los estudiantes, donde a través de una gran variedad de prácticas en el aula, los estudiantes desarrollaron habilidades cognitivas, como son las de observación, cuestionamiento, argumentación y reflexión tanto de las actividades realizadas como de los

productos obtenidos resultado de las actividades, tuvieron la capacidad de resolver problemas de composición abierta (poco estructurados), que obliga a los estudiantes a examinar de manera minuciosa el fenómeno, discutiendo conceptos erróneos, presentando problemas situacionales que le producen conflictos cognitivos y le permite al estudiante reajustar su propio pensamiento, así como fomentar la reflexión de su propio pensamiento y entendimiento, autoevaluarse, reflexionar acerca de su propio crecimiento intelectual y su cambio en el tiempo, así como discutir acerca de la naturaleza de sus concepciones erróneas y de su papel en la comprensión de su aprendizaje.

Ambientes Centrados en el Conocimiento

Uno de los objetivos del lente centrado en el conocimiento, es generar una flexibilidad de pensamiento que sea capaz de adaptarse, así como habilidades cognitivas e información relevante que provea un dominio del tema (Carney, 2005). En los ambientes de aprendizaje diseñados, se observa que a través de una variedad de actividades específicas centradas en el conocimiento y reforzadas con el uso de la tecnología, se alentaba a los estudiantes a formular preguntas acerca de su propio entendimiento, estas actividades permitieron que los estudiantes realizaran sus prácticas basándose en el razonamiento de conceptos, éstas actividades tenían también como finalidad relacionar conocimientos fácticos con conocimientos conceptuales, practicar la transferencia de la información a problemas en otros contextos, así como el desarrollo de actividades que permiten a los estudiantes articular sus propios razonamientos y explicaciones.

Ambientes Centrados en la Evaluación

El objetivo de la instrucción basada en la evaluación es generar una visión en el estudiante respecto a la construcción de su propio conocimiento, con base en las actividades programadas durante el curso (Carney, 2005). Lo cual se logró mediante las actividades diseñadas durante el curso, las cuales lograban hacer visible el pensamiento de los estudiantes, durante los trabajos y las actividades cotidianas en el salón donde contaran con una evaluación formativa a través de una retroalimentación continua, las evaluaciones

fueron parte de las sesiones de clase y no se trataron por separado, lo que permitió tener una evaluación formal e informal lo que proporcionó información acerca de cómo el estudiante realiza sus tareas, además de observar si lo hace de manera correcta, sin embargo falta trabajar en lo que respecta a la autoevaluación de los estudiantes, así como la evaluación entre pares, así como la capacidad del alumno en relacionar los contenidos con otras partes del currículo y de sus experiencias de vida, mientras que la retroalimentación dada, alienta a los estudiantes en sus procesos de aprendizaje y los ayuda a revisar sus propios procesos de pensamiento.

Ambientes Centrados en la Comunidad

Uno de los objetivos de los ambientes centrados en la comunidad, es conectar la construcción del conocimiento de los estudiantes a los múltiples contextos de la comunidad en la que se sitúa el conocimiento. Estos contextos incluyen la comunidad de la escuela y el salón de clase, de manera más amplia, la comunidad social del estudiante así como la comunidad de práctica donde se utiliza el conocimiento adquirido (Carney, 2005).

Lo cual se vio evidenciado en los estudiantes a través de una variedad de prácticas realizadas en el salón de clase, con actividades como: la creación de ambientes de aprendizaje en el salón en donde todos los estudiantes tienen una participación en la construcción del proceso de aprendizaje; se establece un clima en el cual los estudiantes se sienten en la libertad de cometer errores, así como establecer un clima en el cual los estudiantes se sientan en la libertad de hacer preguntas, explorar nuevos cuestionamientos e hipótesis y finalmente poder trabajar en clase el valor que tiene el estudiante para intercambiar información y poder realizar una crítica acerca del trabajo de los demás, tal como lo menciona Caney (2005) en su trabajo.

Respecto a las preguntas de investigación que se plantearon para este estudio se tiene

¿Cuáles son los procesos que siguen los ingenieros al resolver un problema?

Con base en los resultados obtenidos del análisis realizado para el problema de diseño, se pudo observar de manera general el proceso que siguen los ingenieros al resolver un problema de estas características, cabe mencionar que se hace referencia a este tipo de problema por considerarse de los problemas con mayor complejidad que plantea Jonassen (2011), así como el hecho que plantea el mismo autor al mencionar que los estudiantes de Ingeniería deberían aprender a resolver problemas como se presentarían en su lugar de trabajo (Jonassen *et al*, 2006).

Sin embargo como parte de las sugerencias tendría que realizarse un análisis de los otros problemas que se utilizaron en este estudio como son los Problemas con Historia, Solución de Problemas y Toma de Decisión.

¿El desarrollo de habilidades cognitivas va siendo más complejo conforme el problema lo es?

Al correlacionar los diferentes tipos de problemas con las habilidades cognitivas propuestas en la taxonomía de Anderson *et al* (2001) y las habilidades metacognitivas propuestas en el Inventario de Consciencia Metacognitiva (Schraw y Dennison, 1994), se puede observar que como conforme el problema aumenta de nivel las habilidades desarrolladas demandan mayor complejidad para su solución. (Tabla 2)

¿Los estudiantes están conscientes de los procesos propios y regulación de sus aprendizajes?

Por los resultados obtenidos en el Inventario de Consciencia Metacognitiva, se pudo observar cómo los estudiantes iban reconociendo en mayor escala las habilidades que utilizaban al resolver un problema. La ventaja de haber realizado una pre prueba y post prueba, permitió observar cómo los estudiantes pudieron reconocer los procesos metacognitivos relacionados con mayor facilidad al finalizar el curso.

Sin embargo como parte de las recomendaciones se sugiere realizar un estudio en dónde se aprecie el papel que juega cada uno de los diferentes tipos de conocimiento que aborda el Inventario

¿La retroalimentación obtenida por medio de la Tablet PC, durante las clases, realmente les ayuda a los estudiantes a potencializar sus aprendizajes?

Durante las entrevistas realizadas a los estudiantes se pudo observar que la mayoría de los estudiantes manifestaba el hecho de tener una mayor retroalimentación por parte de la docente durante las sesiones en donde se ocupó la Tablet PC, por lo que se puede concluir que el uso de esta herramienta tecnológica permitió una retroalimentación que los estudiantes percibieron que fue de manera oportuna. (Revisar entrevista a profundidad de los estudiantes)

¿La Tablet PC presenta una ventaja dentro de su aprendizaje?

Dentro de las entrevistas a profundidad realizadas a los estudiantes, comentan el percibir una ventaja en el uso de la Tablet PC que no veían al principio del estudio, debido a que la falta de pericia no les permitía explotar los recursos que les proporcionaba la Tablet, y conforme los semestres transcurrieron, seguían conservando y utilizando la Tablet,

Los estudiantes comentan la ventaja de poder trabajar en cualquier espacio dentro y fuera de la Universidad, inclusive una de las desventajas en la que los estudiantes hicieron mucho énfasis a lo largo de las diferentes entrevistas fue el hecho de considerar el acceso a Internet como un distractor, sin embargo al finalizar el estudio comentan que el fácil manejo de la herramienta y su acceso a Internet les permitía trabajar tanto dentro como fuera de la Universidad, lo cual consideraron una gran ventaja de la Tablet PC.

¿Cuáles son las experiencias de los estudiantes al trabajar con una Tablet?

De manera general, los estudiantes expresaron durante la entrevista final, el mostrar cierta renuencia al uso de la Tablet al comenzar este estudio, sin embargo conforme iban adquiriendo experiencia y pericia en el uso de la Tablet PC, reconocieron la utilidad que tiene esta herramienta al poder utilizarla en cualquier asignatura. Los mismos estudiantes expresan en su entrevista final, el ya no querer regresar la Tablet, debido a la utilidad que ahora le dan, no solo en la materia que fue motivo de este estudio, sino también en las demás materias e incluso para su uso personal.

Los ambientes de aprendizaje desarrollados responden a las directrices del Modelo ¿Cómo aprende la gente?

Se considera que los ambientes de aprendizaje diseñados durante este trabajo se ven representados dentro de las pautas que maneja el Modelo propuesto por Bransford *et al* (1998) de ¿Cómo aprende la gente?

Los ambientes de aprendizaje están Centrados en el que aprende, debido a que el estudiante en todo momento y a través de la Tablet PC recibió una retroalimentación en forma oportuna para facilitar a la asimilación de los contenidos

De igual manera, se considera que los ambientes de aprendizaje están Centrados en el conocimiento, teniendo en cuenta que el diseño de las problemáticas abordadas correspondía a tópicos disciplinarios propios del programa de estudios, esto es no se trabajó solo la parte educacional, sino se realizaron los procesos a través de problemas disciplinarios contextualizados

Por otro lado, se considera que los ambientes de aprendizaje están centrados en la evaluación, debido a que a lo largo del estudio, las problemáticas abordadas sirvieron para realizar evaluaciones tanto formativas como sumarias por parte de la docente titular de la materia, y al mismo tiempo, gracias al uso de la Tablet PC, los estudiantes pudieron realizar actividades de autoevaluación y co-evaluación o evaluación entre pares.

Finalmente se considera que los ambientes de aprendizaje responde a la directriz Centrada en la comunidad, debido a que durante los cursos se realizó tanto trabajo colaborativo, como cooperativo, dentro y fuera del salón de clase

RECOMENDACIONES

A la luz de los resultados obtenidos, se presentan las siguientes recomendaciones para trabajos futuros

- A pesar de desarrollarse un estudio longitudinal, el presente trabajo se realizó con estudiantes de los últimos semestres de la Licenciatura, donde se considera que los conocimientos que manejan son lo suficientemente robustos para insertarse en el campo laboral, por lo tanto sería interesante realizar los diferentes procesos con estudiantes tanto de los primeros semestres como con los estudiantes de los semestres intermedios en la carrera, ya que serían un buen parámetro para monitorear el desarrollo de los procesos tanto cognitivos como metacognitivos.
- Otro aspecto que se debe de considerar es el tamaño de muestra de este estudio, aunque en su momento se consideró entre las limitantes de este estudio, el trabajar con una muestra tan pequeña, permite hacer un análisis más fino de cada uno de los procesos, sin embargo, se requiere una muestra que se considere significativa para realizar análisis estadísticos que permitan definir un patrón de comportamiento en los diferentes proceso de estudio.
- Finalmente, los ambientes de aprendizaje desarrollados en este trabajo, se aplicaron directamente en el grupo de estudio, de forma tal, que sería interesante considerar en estudios posteriores, el tener un grupo control que permitiera analizar de manera comparativa la eficiencia de los ambientes de aprendizaje en los estudiantes.

REFERENCIAS

1. **Aarons, A. B.** (1976). Cultivating the capacity for formal reasoning: Objectives and procedures in an introductory physical science course. *American Journal of Physics*, 44, (9), 834-838
2. **Akturk Oguz Ahmet y Ismail Sahin** (2011). Literature Review on Metacognition and its Measurement. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15 (2011) 3731–3736.
3. **Anderson, R., Anderson, R., Chung, O., Davis, K. M., Davis, P., Prince, C., Razmov, V., & Simon, B.,** (2006) “Classroom Presenter: A Classroom Interaction System for Active and Collaborative Learning,” in *The Impact of Tablet PCs and Pen-based Technology on Education*, Berque, D.A., Prey, J.C., & Reed, R., eds., Purdue U.,.
4. **Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R.** 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Addison Wesley Longman: New York.
5. **Barraza M, A.** 2010. *Propuestas de Intervención Educativa*. 1a edición. Universidad Pedagógica de Durango, México. Págs: 124
6. **Bausela Herreras Esperanza.** 2003. La investigación cooperativa, una modalidad de la investigación-acción. *Revista de Psicodidáctica, n° 15-16 - 2003 Págs. 121-130*
7. **Berelson, 1952 en Bardín L.** (2002). *Análisis de Contenido*. 3ª edición. Ediciones AKAL, Presses Universitaires de France. ISBN: 84-7600-093-6. Madrid-España, 192 págs.
8. **Berque, D.,** (2006) “Pushing Forty (Courses per Semester): Pen-Computing and DyKnow Tools at DePauw University,” in *The Impact of Tablet PCs and Pen-based Technology on Education*, Berque, D.A., Prey, J.C., & Reed, R., eds., Purdue U.

9. **Binkley M, Erstad O, Herman J, Raizen S, Ripley M.** (2010) Defining 21st century skills. Assessment and Teaching of 21st Century Skills project. Universidad de Melbourne.
10. **Borrego M, Douglas E. P y Amelink C.T.** (2009). Quantitative, Qualitative, and Mixed Research Methods in Engineering Education. Journal of Engineering Education. January 2009. Págs: 53-66.
11. **Bransford J. D., A. L. Brown, and R. R. Cocking** (2000). How People Learn. Brain, Mind, Experience and School. Expanded Edition. National Academy Press. Washington DC.
12. **Bruffee, K** (1995). Sharing our toys. Cooperative learning versus collaborative learning. Change, 27(1), 12-18.
13. **Burke R.J y Onwuegbuzie A. J.** (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. Educational Researcher. Vol. 33. No. 7, pp: 14-26.
14. **Carney, Karen.** (2005). Toward and Definition of HPL-ness. Centre of the Study of Learning, Instruction, and Teacher Development.
15. **Cáceres, P.** (2003). Análisis Cualitativo De Contenido: Una Alternativa Metodológica Alcanzable. Psicoperspectivas, vol. II, núm. 1, 2003, pp. 53-81 Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile
16. **Chickering A.W., & Gamson, Z.F.,** Seven Principles of Good Practice in Undergraduate Education, The American Association for Higher Education Bulletin, March 1987. Available online at:
<http://honolulu.hawaii.edu/intranet/committees/FacDevCom/guidebk/teachtip/7princip.htm>.
17. **Chinn S.** 1989. Longitudinal studies: objectives and ethical considerations. Rev Epidém Santé Publ; 37: 417-29.
18. **Condemarín, Mabel y cols.** (1995) Taller de Lenguaje. Santiago. Editorial Dolmen

19. **Correa Z., M., Castro Rubilar, F., & Lira Ramos, H.** (2002). Hacia una Conceptualización de la Metacognición y sus Ámbitos de Desarrollo. Universidad del Bío Bío, Chillán, Chile. Horizontes Educativos, núm. 7. pp: 58-63.
20. **Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española** (2001). Vigésima segunda edición. ISBN 9788423968145, disponible en <http://www.rae.es/RAE/Noticias.nsf/Home?ReadForm>
21. **Dym, C. L., & Little, P.** (2004). Engineering design: A project-based introduction. New York, NY: Wiley.
22. **Durward K. Sobek II, Vikas K. Jain.** The Engineering Problem-Solving Process: Good for Students? Proceedings of the 2004. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. Copyright © 2004, American Society for Engineering Education
23. **Eduard De Bono** (1974). CORT-Thinking Lessons. Disponible en: <http://www.edwdebono.com/cort/index.html>
24. **Enriquez, A.,** (2007). "Developing an Interactive Learning Network Using Tablet PCs in Sophomore-Level Engineering Courses," 2007 ASEE Annual Conference, June. Available online at: <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=3806>.
25. **Fink** (1999) en **Jonassen David, Matthew Schmidt, William Miller, Gayla Neumeyer.** (2005). "A Problem-Based Introduction to Nuclear Sciences". *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition.* págs: 8
26. **Flavell, J.** 1976. Metacognitive aspects of problem-solving. In L. B. Resnick (Ed.), The nature of intelligence (pp. 231–236). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
27. **Flavell, J. H.** 1979. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10): 906-911
28. **Fogler, H. S.**(2006). Elements of Chemical Reaction Engineering. 4th Ed. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ

-
29. **Gardner, H.** (1985). *The mind's new science: a history of the cognitive revolution*. Nueva York: Basic Books.
 30. **Gassner, L.** (2009). *Developing metacognitive awareness -a modified model of a PBL-tutorial*. Tesis de Licenciatura Bachelor of Odontology in Oral Health Bachelor thesis, 15 ECTS June. Malmö University.
 31. **Gutiérrez Cuba.V; Palou G.E y López Malo A.** (2011). *Using tablets PCs and associated technologies to reveal undergraduate student thinking*. American Society from Engineering Education.
 32. **Jonassen H David** (2011a). *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Enviroments*. Routledge, New York. 437 pp.
 33. **Jonassen, D. H. and Khanna, S. K.** (2011 b). *Implementing Problem Based Learning in Materials Science*. Proceedings of the 2011 ASEE Annual Conference and Exposition, Vancouver, Canada, June 26-29.
 34. **Jonassen, D. H.** (2010). *Assembling and Analyzing the Building Blocks of Problem-Based Learning Environments*, in *Handbook of Improving Performance in the Workplace, Volume One: Instructional Design and Training Delivery* (K. H. Silber and W. R. Foshay, eds.), John Wiley & Sons: Hoboken, NJ.
 35. **Jonassen David, Matthew Schmidt, Matthew Easter, Rose Marra and William Miller.** (2007). "Desingning an Activity –based Curricular for Radiation Protection Personnel". American Society for Engineering Education. págs 13
 36. **Jonassen David, Johannes Strobel and Chwee Beng Lee.** 2006. "Everyday Problem Solving in Engineering: Lessons for Engineering Educators". *Journal of Engineering Education*. April 2006. págs: 139- 151
 37. **Jonassen David, Matthew Schmidt, William Miller, Gayla Neumeyer.** (2005). "A Problem-Based Introduction to Nuclear Sciencies". *American Society for Engiennering Education Annual Conference & Exposition*. págs: 8
 38. **Jonassen, D. H.** (2000a). *Toward a design theory of problem solving*. *Educational Technology: Research and Development*, 48 (4), 63–85.

-
39. **Jonassen David.** (1999). Diseños Constructivistas de Ambientes de Aprendizaje (Capítulo 10) En Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory, Volúmen 2. Reigeluth Charles (Editor). Routledge, USA. 715 páginas.
40. **John D. Bransford, Ann L. Brown, and Rodney R. Cocking, (2000).** How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition. National Academies Press. ISBN: 0-309-50145-8, 385 pages.
41. **Klinger, Cynthia y Vadillo, Guadalupe** (1999). Psicología Cognitiva. Estrategias en la Práctica Docente. México. Editorial Me Graw Hill.
42. **Kowalski, F.V. & Kowalski, S.E.,** (2007). "Understanding and Overcoming Student-Based Difficulties when Transitioning from Multiple-Choice (Clicker) to Open-Ended Questions for Real-Time Formative Assessment," ASEE Annual Conference, June 2007. Available online at:
<http://soa.asee.org/paper/conference/paperview.cfm?id=5905>.
43. **Kowalski, F., Kowalski, S., & Hoover, E.,** (2007). "Using InkSurvey: A Free Web-Based Tool for Open-Ended Questioning to Promote Active Learning and Real-Time Formative Assessment of Tablet PC Equipped Engineering Students," ASEE Annual Conference, June 2007. Available online at:
<http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=5781>.
44. **Kowalski, S; Frank, kowalski y Tracy. G, Gardner.** (2009). Lesson Learned When Gathering Real-Time Formative Assessment in University Classroom Using Tablet PCs. Colorado School of Mines. 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. October 18 -21, San Antonio TX.
45. **Livingston A. Jennifer.** 1997. Metacognition: An Overview. Revisado vía WEB en <http://www.gse.buffalo.edu/fas/shuell/cep564/Metacog.htm>
46. **Mateos, Mar** (2001).Metacognición y Educación. Colección dirigida por Mario Carretero. Buenos Aires, Argentina. Editorial AIQUE, 1 - edición.

-
47. **Marilyn Binkley, Ola Erstad, Joan Herman, Senta Raizen, Martin Ripley with Mike Rumble.** Draft White Paper 1: Defining 21st century skills. Assessment and Teaching of 21st Century Skills. The University of Melbourne. January 2010.
48. **Maykut. P y Morehouse R.** (1994). Beginning Qualitative Research: A Philosophic and Practical Guide. The Farmer Press. London. Págs: 190.
49. **Palou G. E. (2010).** “Critical Support Systems to Enhance the Development of 21st Century Expertise in Engineering Students: Using Tablet PCs and Associated Technologies, the Framework for 21st Century Learning, and Guidelines from Research on How People Learn.”
50. **Partnership for 21st Century Skills. Framework for 21st Century Learning** (2009a). Available at:
http://www.p21.org/index.php?option=com_content&task=view&id=254&Itemid=119
51. **Partnership for 21st Century Skills. P21 Framework Definitions** (2009b). Available at: http://www.p21.org/documents/P21_Framework_Definitions.pdf
52. **Partnership for 21st Century Skills. The MILE Guide** (2009c). Available at: http://www.p21.org/documents/MILE_Guide_091101.pdf
53. **Ramírez Apud L.Z; Palou G. E; Ramírez C.N; López Malo A.** (2012). Implementing problem-solving learning environments in a kinetics and homogeneous reactor design course. American Society for Engineering Education. 11pags.
54. **Rich, 1960 en Jonnassen David, Johannes Strobel and Chwee Beng Lee.** 2006. “Everyday Problem Solving in Engineering: Lessons for Engineering Educators”. Journal of Engineering Education. April 2006. págs: 139- 151.
55. **Rychen, D.S. and L.H. Salganik** (eds.). (2001). Defining and selecting key competencies. En THE DEFINITION AND SELECTION OF KEY COMPETENCIES: Executive Summary. Recuperado el 11 de Octubre de 2012 en <http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>

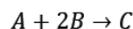
56. **Sánchez, M.** (2002). La investigación sobre el desarrollo y la enseñanza de las habilidades de pensamiento. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* 4, (1). Consultado el día de mes de año en: <http://redie.uabc.mx/vol4no1/contenido-amestoy.html>
57. **Schraw, G. and Dennison, R. S.** (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4): 460–475.
58. **Sternberg, R.** (1987). *Intelligence applied. Understanding and increasing your intellectual skills.* Nueva York: W. H. Freeman and Co.
59. **Suina, J. H. y L. B. Smolkin** (1994), “From natal culture to school culture to dominant society culture: Supporting transitions for Pueblo Indian students”, en P. M. Greenfield y R. R. Cocking (eds.), *Cross-Cultural Roots of Minority Child Development*, Hillsdale, nj, Erlbaum, pp. 115-130.
60. **Tront, J.G.,**(2005). “Using Tablet PCs in Engineering Education,” ASEE Annual Conference, June 2005. Available online at: <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=21360>.
61. **Wilson, J.W., M.L. Fernandez, and N.D. Hadaway.** (2001).stad, Herman, Raizen, Ripley y Rumble, 2010) “Mathematical Problem Solving”. Revisado el 14/02/12 de <http://jwilson.coe.uga>

ANEXOS

Anexo I. Tipos de problemas aplicados en la material de IQ-407

Ejemplo de Problemas con Historia. Adaptado de Fogler (2006)

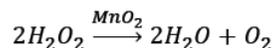
The reaction



is to be carried out in liquid phase within a continuous flow reactor. The feed stream contains A and B with $C_{A0}=C_{B0}= 2\text{M}$ and it is fed with a volumetric flow rate of $5 \text{ dm}^3/\text{min}$. If a 50% conversion from the limiting reactant is desired, determine the molar flow of each component at the reactor effluent.

Ejemplo de un problema de solución de problemas y diagnóstico del problema

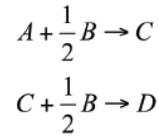
Hydrogen peroxide can be decomposed spontaneously into water and oxygen according to the next stoichiometry:



this reaction can be catalyzed by manganese dioxide. By using commercial product (aqueous solution at 3% H_2O_2) develop the experiment described into the laboratory manual to obtain data for produced oxygen vs. time. Repeat the experiment for two different temperatures. Analyze the obtained results and determine a kinetic expression by fitting the obtained experimental data. Report the global reaction order, the frequency factor and the activation energy for this reaction.

Ejemplo de un problema de toma de decisión. Adaptado de Tiscareño (2008)

There are two CSTRs available to process 80 L/min containing 0.5 M of A and 0.1 M of B, the first one with a 5 m³ volume and the second tank with 2m³ volume. The desired product C may continuing reacting to a side product with no commercial value. The important reactions are:



The kinetic laws for each reaction, which are referred to component B are:

$$(-r_B)_1 = k_1 C_A C_B^{0.5} = 0.0068 \frac{lt^{0.5}}{\text{min} * \text{mol}^{0.5}} C_A C_B^{0.5}$$

$$(-r_B)_2 = k_2 C_B C_C = 0.0745 \frac{lt}{\text{min} * \text{mol}} C_B C_C$$

Determine the proper order to install both reactors.

Anexo II. Cuestionario aplicado a los estudiantes, para la Materia IQ407

CUESTIONARIO

El objetivo de las siguientes preguntas es conocer tu percepción acerca del proceso de aprendizaje obtenido, así como tu experiencia en el uso de la Tablet PC, durante el curso

- a) Puedo motivarme a aprender por mí mismo cuando lo necesito
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- b) Soy bueno juzgando qué tan bien entiendo algo
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- c) Comprendo el significado de información nueva
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- d) Aprendo más cuando me interesa el tema
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- e) Me pongo metas específicas antes de comenzar una tarea
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- f) Me pregunto acerca del material que necesito antes de empezar una tarea
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- g) Me pregunto qué tan bien logre mis metas una vez que las finalizo
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- h) Me pregunto si aprendí tanto como hubiera querido, una vez terminada la tarea
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- i) Me pregunto si consideré todas las opciones después de resolver un problema
SI___ EN OCASIONES___ NO_____
- j) ¿Te gustó usar una Tablet PC? ¿Por qué?

- k) ¿Consideras que el uso de la Tablet PC tuvo algún impacto en tu aprendizaje? ¿Cómo se dio?

Ambientes de aprendizaje para el desarrollo de habilidades metacognitivas durante la resolución de problemas:
estudio longitudinal en estudiantes de los últimos semestres de ingeniería química de la UDLAP

Zaira Ramírez Apud López

l) ¿Crees que haya una mayor participación en clase utilizando una Tablet PC?

m) ¿Qué potencial crees que tiene una Tablet PC en tu aprendizaje?

n) ¿Crees que tiene alguna desventaja utilizar una Tablet PC durante la clase? ¿Cuál?

COMENTARIOS GENERALES

Gracias por tu participación

Anexo III. Cuestionario aplicado a los estudiantes, basado en el Inventario de Conciencia Metacognitiva para el curso IQ-408

I PARTE: COGNICIÓN

Factor de cognición del conocimiento

En mis hábitos de estudios de manera general...

a) Puedo motivarme a aprender por mí mismo cuando lo necesito

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

b) Soy bueno juzgando qué tan bien entiendo algo

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

c) Comprendo con facilidad el significado de nueva información proporcionada

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

d) Aprendo más cuando me interesa el tema

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

Factor de regulación cognitivo

e) Me pongo metas específicas antes de comenzar una tarea

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

f) Me pregunto acerca del material que necesito antes de empezar una tarea

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

g) Me pregunto qué tan bien logré mis metas una vez que las finalizo

**Ambientes de aprendizaje para el desarrollo de habilidades metacognitivas durante la resolución de problemas:
estudio longitudinal en estudiantes de los últimos semestres de ingeniería química de la UDLAP**

Zaira Ramírez Apud López

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

h) Me pregunto si aprendí tanto como hubiera querido, una vez terminada la tarea

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

i) Me pregunto si consideraré todas las opciones después de resolver un problema

Siempre____ Con Frecuencia____ Generalmente____ En Ocasiones____ No____

Anexo IV. Cuestionario para conocer la percepción de los estudiantes en el uso de la Tablet PC durante el curso IQ-408.

CUESTIONARIO

El objetivo de este cuestionario es conocer tu percepción acerca del proceso de aprendizaje obtenido, así como tu experiencia en el uso de la Tablet PC, durante el curso IQ408, por lo que agradeceremos tu colaboración al contestar las siguientes preguntas

Respecto a la solución del problema final que desarrollaste para este curso

¿Anteriormente habías solucionado problemas similares a éste?, SI___, NO___

Comenta tu experiencia

En caso de responder **SI** a la pregunta anterior, por favor comenta ¿La estrategia utilizada en la solución de este problema ha sido diferente a la utilizada en la solución del problema anterior?

Para este problema ¿Cuáles fueron los pasos que seguiste para la solución?

¿Consideras que la solución que obtuviste se puede validar? SI___, NO___

Comenta brevemente

Durante este proceso de desarrollo ¿Consideras que tus respuestas son correctas?, SI___, NO___.

¿Por qué?

¿Consideras que existe un método rápido para solucionar el problema? SI__ ¿Cuál?, NO__
Comenta

En mis hábitos de estudios de manera general...

a) Puedo motivarme a aprender por mí mismo cuando lo necesito

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

b) Soy bueno juzgando qué tan bien entiendo algo

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

c) Comprendo con facilidad el significado de nueva información proporcionada

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

d) Aprendo más cuando me interesa el tema

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

e) Me pongo metas específicas antes de comenzar una tarea

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

f) Me pregunto acerca del material que necesito antes de empezar una tarea

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

g) Me pregunto qué tan bien logré mis metas una vez que las finalizo

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

h) Me pregunto si aprendí tanto como hubiera querido, una vez terminada la tarea

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

i) Me pregunto si consideraré todas las opciones después de resolver un problema

Siempre__ Con Frecuencia__ Generalmente__ En Ocasiones__ No__

j) ¿Te gustó usar una Tablet PC? ¿Por qué?

k) ¿Consideras que el uso de la Tablet PC tuvo algún impacto en tu aprendizaje? ¿Cómo se dio?

l) ¿Crees que haya una mayor participación en clase utilizando una Tablet PC?

m) ¿Qué potencial crees que tiene una Tablet PC en tu aprendizaje?

n) ¿Crees que tiene alguna desventaja utilizar una Tablet PC durante la clase? ¿Cuál?

COMENTARIOS GENERALES

Gracias por tu participación

ANEXO V. Rúbrica para la evaluación del proceso en la solución de un problema de diseño a estudiantes de 9º semestre



Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental
Licenciatura en Ingeniería Química
Dinámica de Procesos y Control
Otoño 2012

Estudiante

Fecha

Evaluador

RÚBRICA DE PROBLEMA DE DISEÑO EN INGENIERÍA

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	Excelente		Suficiente		Pobre	
	6	5	4	3	2	1
Claridad en los objetivos	El estudiante tiene claro cuáles son los objetivos y los alcanza		El estudiante enuncia los objetivos pero no los logra		El estudiante no tiene claro cuáles son los objetivos	
Establecer las necesidades del diseño	El estudiante establece las necesidades que requiere el diseño para ser logrado y las considera en el diseño		El estudiante establece algunas necesidades que requiere el diseño, sin embargo no las considera en el diseño		El estudiante no logra establecer las necesidades que requiere el diseño	
Identificar las limitaciones	El estudiante logra identificar las limitaciones que se presentan en el diseño y las contempla en la solución		El estudiante logra identificar algunas limitaciones del diseño pero no las contempla en la solución		El estudiante no logra identificar las limitaciones del diseño	
DISEÑO CONCEPTUAL	Excelente		Suficiente		Pobre	

	6	5		4	3		2	1	
Establecer especificaciones del diseño	El estudiante logra establecer especificaciones dentro del diseño y las contempla para la propuesta final			El estudiante logra establecer especificaciones dentro del diseño pero no las contempla para la propuesta final			El estudiante no establece ninguna especificación para proponer en el diseño		
Generar alternativas o propuestas	El estudiante genera varias alternativas/propuestas de solución para el diseño y las contempla dentro de la implementación			El estudiante genera pocas alternativas/propuestas de solución para el diseño, pero no las contempla dentro de la implementación			El estudiante no genera alternativas de solución para el diseño		
DISEÑO PRELIMINAR	Excelente			Suficiente			Pobre		
	6	5		4	3		2	1	
Analizar el diseño	El estudiante realiza un análisis profundo del diseño antes de su implementación			El estudiante realiza un análisis superficial del diseño antes de su implementación			El estudiante no logra analizar el diseño		
Probar y evaluar el diseño	El estudiante prueba y evalúa cada una de las opciones generadas para el diseño			El estudiante prueba pero no evalúa alguna de las opciones generadas para el diseño			El estudiante no prueba ni evalúa las opciones generadas para el diseño		
DETALLE DEL DISEÑO	Excelente			Suficiente			Pobre		
	6	5		4	3		2	1	
Redefinir y optimizar el diseño escogido	El estudiante redefine y optimiza los resultados del diseño			El estudiante redefine pero no optimiza los resultados del diseño			El estudiante no redefine ni optimiza los resultados del		

	de acuerdo a la propuesta que eligió	de acuerdo a la propuesta que eligió	diseño			
DISEÑO FINAL	Excelente		Suficiente		Pobre	
	6	5	4	3	2	1
Justifica el diseño final	El estudiante tiene la capacidad de argumentar y justificar la propuesta que generó para el diseño final	El estudiante argumenta a groso modo sin justificar la propuesta que generó para el diseño final	El estudiante no argumenta, ni justifica la propuesta generada del diseño final			
COMUNICACIÓN DEL DISEÑO FINAL	Excelente		Suficiente		Pobre	
	6	5	4	3	2	1
Diseño del documento	Utiliza varias fuentes confiables y válidas para dar sustento a la propuesta del diseño final. Así mismo, cita en el documento y presenta las referencias	Utiliza pocas fuentes confiables y válidas para sustentar la propuesta del diseño final. No cita en el documento pero presenta las referencias	No utiliza fuentes confiables (wikipedia, buenas tareas, etc). No cita en el documento.			

REFERENCIAS

Durward K. Sobek II, Vikas K. Jain. The Engineering Problem-Solving Process: Good for Students?. Proceedings of the 2004. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. Copyright © 2004, American Society for Engineering Education

Dym, C. L., & Little, P. (2004). Engineering design: A project-based introduction. New York, NY: Wiley.

Anexo VI. Inventario de conciencia metacognitiva aplicada en pre y post prueba para los estudiantes de 7° y 9° semestre

Metacognitive Awareness Inventory* (MAI)

- 1. I ask myself periodically if I am meeting my goals.** (Me pregunto periódicamente si estoy alcanzando mis metas)
- 2. I consider several alternatives to a problem before I answer.** (Antes de responder o proponer una solución, considero varias alternativas a un problema)
- 3. I try to use strategies that have worked in the past.** (Trato de utilizar estrategias que me han funcionado en el pasado)
- 4. I pace myself while learning in order to have enough time.** (Con el fin de disponer de tiempo suficiente, mantengo un ritmo mientras aprendo)
- 5. I understand my intellectual strengths and weaknesses.** (Entiendo mis fortalezas y debilidades intelectuales)
- 6. I think about what I really need to learn before I begin a task.** (Antes de empezar una tarea, pienso en lo que realmente necesito aprender)
- 7. I know how well I did once I finish a test.** (Al terminar un examen, sé cómo me fue)
- 8. I set specific goals before I begin a task.** (Me pongo metas específicas antes de comenzar una tarea)
- 9. I slow down when I encounter important information.** (Me freno cuando me encuentro con información importante)
- 10. I know what kind of information is most important to learn.** (Yo sé qué tipo de información es más importante aprender)
- 11. I ask myself if I have considered all options when solving a problem.** (Cuando estoy resolviendo un problema, me pregunto si he considerado todas las opciones)
- 12. I am good at organizing information.** (Soy bueno para organizar la información)
- 13. I consciously focus my attention on important information.** (Conscientemente enfoco mi atención en la información más importante)
- 14. I have a specific purpose for each strategy I use.** (Tengo un propósito específico para cada estrategia que utilizo)

15. **I learn best when I know something about the topic.** (Aprendo mejor cuando sé algo sobre el tema)
16. **I know what the teacher expects me to learn.** (Sé lo que la maestra espera que aprenda)
17. **I am good at remembering information.** (Soy bueno para recordar información)
18. **I use different learning strategies depending on the situation.** (Puedo utilizar diferentes estrategias de aprendizaje dependiendo de la situación en la que me encuentre)
19. **I ask myself if there was an easier way to do things after I finish a task.** (Después de terminar una tarea me pregunto si había una manera más fácil de hacer las cosas)
20. **I have control over how well I learn.** (Tengo control sobre lo bien que aprendo)
21. **I periodically review to help me understand important relationships.** (Repaso periódicamente para ayudarme a entender relaciones importantes)
22. **I ask myself questions about the material before I begin.** (Antes de comenzar, me hago preguntas sobre el material)
23. **I think of several ways to solve a problem and choose the best one.** (Pienso varias maneras de resolver un problema y escojo la mejor opción)
24. **I summarize what I've learned after I finish.** (Al terminar, resumo lo que he aprendido)
25. **I ask others for help when I don't understand something.** (Cuando no entiendo algo, le pido ayuda a otros)
26. **I can motivate myself to learn when I need to.** (Puedo motivarme mi mismo para aprender cuando lo necesito)
27. **I am aware of what strategies I use when I study.** (Cuando estudio estoy consciente de cuáles son las estrategias que utilizo)
28. **I find myself analyzing the usefulness of strategies while I study.** (Mientras estudio analizo la utilidad de las estrategias que estoy utilizando)
29. **I use my intellectual strengths to compensate for my weaknesses.** (Utilizo mis fortalezas intelectuales para compensar mis debilidades)
30. **I focus on the meaning and significance of new information.** (Me concentro en el significado y la importancia de la nueva información)
31. **I create my own examples to make information more meaningful.** (Creo mis propios ejemplos para hacer la información más significativa)
32. **I am a good judge of how well I understand something.** (Yo soy un buen juez de lo bien que entiendo algo)

33. **I find myself using helpful learning strategies automatically.** (Utilizo de forma automática estrategias útiles para aprender)
34. **I find myself pausing regularly to check my comprehension.** (Hago pausas con regularidad para comprobar mi comprensión)
35. **I know when each strategy I use will be most effective.** (Sé cuándo será más eficaz cada estrategia que utilizo)
36. **I ask myself how well I accomplish my goals once I'm finished.** (Una vez que termino, me pregunto qué tanto alcancé mis metas)
37. **I draw pictures or diagrams to help me understand while learning.** (Mientras aprendo, hago dibujos o diagramas para ayudarme a comprender)
38. **I ask myself if I have considered all options after I solve a problem.** (Después de resolver un problema, me pregunto si consideraré todas las opciones)
39. **I try to translate new information into my own words.** (Trato de poner en mis propias palabras la nueva información).
40. **I change strategies when I fail to understand.** (Cuando no entiendo algo, cambio de estrategia)
41. **I use the organizational structure of the text to help me learn.** (Utilizo la estructura organizativa del texto, apuntes o artículo para ayudarme a aprender)
42. **I read instructions carefully before I begin a task.** (Antes de comenzar una tarea, leo cuidadosamente las instrucciones)
43. **I ask myself if what I'm reading is related to what I already know.** (Me pregunto si lo que estoy leyendo se relaciona con algo que ya sé)
44. **I reevaluate my assumptions when I get confused.** (Cuando me confundo, re-evalúo mis suposiciones)
45. **I organize my time to best accomplish my goals.** (Organizo mi tiempo para poder alcanzar mejor mis metas)
46. **I learn more when I am interested in the topic.** (Aprendo más cuando estoy interesado en el tema)
47. **I try to break studying down into smaller steps.** (Trato de partir lo que estudio en partes más pequeñas)
48. **I focus on overall meaning rather than specifics.** (Me concentro en el significado global más que en los detalles específicos)

49. I ask myself questions about how well I am doing while I am learning something new.

(Mientras estoy aprendiendo algo nuevo, me pregunto qué tan bien lo estoy haciendo)

50. I ask myself if I learned as much as I could have once I finish a task. (Al terminar una tarea,

me pregunto si he aprendido tanto como podría haberlo hecho)

51. I stop and go back over new information that is not clear. (Me detengo y reviso la nueva

información que no me quedo clara)

52. I stop and reread when I get confused. (Cuando me confundo, me detengo y releo)

* Schraw, G. & Dennison, R.S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology* 19: 460-475.

Anexo VII: Entrevista a profundidad realizada para los estudiantes de 9º. Semestre de la licenciatura de ingeniería química

-
- ¿Cómo defines tu experiencia al haber trabajado con una Tablet PC?
- ¿Consideras que el uso de la Tablet PC tuvo algún impacto en tu aprendizaje? ¿Cómo se dio?
- ¿En tus clases utilizaste Classroom Presenter y One Note, en cuál consideras que hay una mayor utilidad para trabajar de manera individual y en equipo? En caso de que hayas utilizado otro(s) software explica a detalle.
- ¿Durante algunos ejercicios recibiste retroalimentación en tiempo real, qué puedes decir al respecto? (detallar aspectos importantes de la evaluación formativa)
- ¿Crees que haya una mayor participación en clase utilizando una Tablet PC?
- ¿De acuerdo con tu experiencia con el uso de la Tablet PC, además de las herramientas empleadas ¿qué otro uso le darías a la Tablet PC durante el trabajo en el aula para mejorar la clase?
- ¿Crees que tiene alguna desventaja utilizar una Tablet PC durante la clase? ¿Cuál?
- ¿Cómo describirías tu progreso con la Tablet PC a lo largo de estos semestres?
- ¿Has utilizado la Tablet PC para otras materias? , ¿Cuáles? Comenta tu experiencia
- Has notado alguna diferencia en tu manera de aprender con respecto a los tus compañeros de otras asignaturas que no tuvieron la Tablet PC?

Anexo VIII. Encuesta aplicada a los estudiantes de 7º semestre durante la solución de problemas de un story problem

TEST 1 - Nuevo elemento

Intranet > Nelly Ramirez Corona

CINÉTICA Y DISEÑO DE REACTORES I

Estadística: TEST 1

Nelly Ramirez Corona

Acciones del sitio

Nelly Ramirez Corona > CINÉTICA Y DISEÑO DE REACTORES I > TEST 1 > Responder a esta encuesta

TEST 1: Responder a esta encuesta

Finalizar Guardar

* indica un campo obligatorio

Considere las siguientes reacciones realizadas en fase gaseosa $A=B+C$; $B=D+C$ Las constantes de equilibrio para estas reacciones son 6 bar y 4 bar respectivamente. Suponga que la presión total en el reactor es de 2 bar y que permanece constante durante la reacción, la cual ocurre de manera isotérmica. Calcule las presiones parciales en el equilibrio cuando la alimentación consiste exclusivamente de A. *

Marque la casilla que considere adecuada

	0%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	100%
¿qué tan seguro estoy de que mi respuesta sea correcta?		<input type="radio"/>									

Describe en un párrafo el proceso que seguiste para resolver este problema *

Al resolver este problema, ¿en qué grado estas de acuerdo con las siguientes afirmaciones?

	completamente en desacuerdo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	completamente de acuerdo	20
1.- Sé qué tipo de información es más importante aprender		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																			
2.- Soy bueno para organizar la información		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																			
3.- Sé lo que la maestra		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																			
4.- Soy bueno para recordar información		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																			
5.- Tengo control sobre lo bien que aprendo		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																			
6.- Soy un buen juez de lo bien que entiendo algo		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																			
7.- Aprendo más cuando el tema me interesa		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																			

Finalizar Guardar

http://comunidad.udlap.mx/...2FCINÉTICA%2520Y%2520REACTORES%2520I%2FLists%2FTEST%2520I%2Foverview%2Easpx[14/09/2012 04:57:57 p.m.]

Anexo IX: Encuesta aplicada a los estudiantes de 7º semestre durante la solución de un troubleshooting problem

TEST2 - Nuevo elemento

Intranet > Nelly Ramirez Corona

Nelly Ramirez Corona

CINÉTICA Y DISEÑO DE REACTORES I

Este lista: TEST2

Acciones del sitio

Nelly Ramirez Corona > CINÉTICA Y DISEÑO DE REACTORES I > TEST2 > Responder a esta encuesta

TEST2: Responder a esta encuesta

Finalizar Guardar

* indica un campo obligatorio

En un reactor tipo tanque de flujo continuo (CSTR) se lleva a cabo una reacción reversible de primer orden. La reacción es $A=B$ y la cinética correspondiente es $-r_A=kCA-k'CB$; las condiciones de la alimentación son $CA0=1\text{ M}$ $CB0=0\text{ M}$ y se sabe que la conversión de equilibrio que se puede alcanzar es $XAe=0.667$. En las condiciones de operación actuales se obtiene una conversión de 33.3%. Se desea ajustar el flujo de alimentación para alcanzar una conversión del 50%, ¿en que proporción debería ajustarse dicha variable? TIP: Recordar que $Keq=k/k'$ *

Describe en un párrafo el proceso que seguiste para resolver este problema. *

Anexo X: Encuesta aplicada a los estudiantes de 7º semestre durante la solución de un decision making

TEST 3 - Nuevo elemento Página 1 de 3



**CINÉTICA Y
DISEÑO DE
REACTORES
I**

Esta lista: TEST 3

Nelly Ramírez Corona > CINÉTICA Y DISEÑO DE REACTORES I > TEST 3 > Responder a esta encuesta

TEST 3: Responder a esta encuesta

* Indica un campo obligatorio

Se dispone de dos reactores, el primero de tipo tanque con agitación (CSTR) de 5000 litros y un segundo reactor tubular (PFR) de 2000 lt, para procesar 80 lt/min de una alimentación que contiene 0.5 M de A y 0.1 M de B. El producto principal, C, puede seguir reaccionando para formar un subproducto sin valor comercial. Las reacciones significativas son: $A + (1/2)B = C$; $C + (1/2)B = D$; Las expresiones cinéticas para cada reacción referidas al reactivo B son: $-r_{B1} = k_1 C A C_B^{0.5}$; $-r_{B2} = k_2 C B C C$; donde $k_1 = 0.0068$ y $k_2 = 0.0745$ a las condiciones de operación del reactor; las velocidades de reacción tienen unidades de (mol/min* lt). Se le pide determinar el orden en el que es conveniente colocar los reactores. Justifique su elección. *

(Empty text area for justification)

Marque la casilla que considere adecuada *

	0%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	100%
¿Qué tan seguro estoy de que mi respuesta sea correcta?	<input type="radio"/>										

Describe en un párrafo el proceso que seguiste para resolver este problema *

(Empty text area for process description)

Anexo XI. Revisión del proceso durante la resolución de un story problem

$A = \{ \}$
 $B = \{ \}$
 $P_1 = \dots$
 $P_2 = \dots$
 $P_3 = \dots$
 $P_4 = \dots$

P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}
P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}
P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}

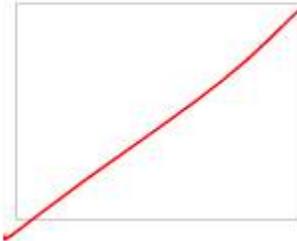
$$P_1 = \frac{4040 P}{40 P} = \frac{\left(\frac{40}{100}\right) \left(\frac{40}{100}\right) P}{\frac{40}{100}} = \frac{4040 P}{40 P}$$

Planteamiento correcto, pero al final falta dividir

$$P_1 = \gamma_1 P = \left(\frac{n_1}{n_T}\right) P$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{a_1 - b_1}{a_1 + b_1} = \frac{a_2 - b_2}{a_2 + b_2} \\
 & \frac{a_1 - b_1}{a_1 + b_1} = \frac{a_2 - b_2}{a_2 + b_2} \quad \text{Multiplicando en cruz} \\
 & (a_1 - b_1)(a_2 + b_2) = (a_2 - b_2)(a_1 + b_1) \\
 & a_1 a_2 + a_1 b_2 - a_2 b_1 - b_1 a_2 = a_2 a_1 + a_2 b_1 - a_1 b_2 - b_1 a_2 \\
 & a_1 b_2 - a_2 b_1 = a_2 b_1 - a_1 b_2 \\
 & a_1 b_2 = a_2 b_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{a_1 - b_1}{a_1 + b_1} = \frac{a_2 - b_2}{a_2 + b_2} \\
 & \frac{a_1 - b_1}{a_1 + b_1} = \frac{a_2 - b_2}{a_2 + b_2} \quad \text{Multiplicando en cruz} \\
 & (a_1 - b_1)(a_2 + b_2) = (a_2 - b_2)(a_1 + b_1) \\
 & a_1 a_2 + a_1 b_2 - a_2 b_1 - b_1 a_2 = a_2 a_1 + a_2 b_1 - a_1 b_2 - b_1 a_2 \\
 & a_1 b_2 - a_2 b_1 = a_2 b_1 - a_1 b_2 \\
 & a_1 b_2 = a_2 b_1
 \end{aligned}$$



El planteamiento es correcto. El resultado numérico tiene errores.

Anexo XII. Revisión del proceso durante la resolución de un troubleshooting problem

$A \xrightarrow{2} B \quad r_A = k(C_A - k' C_B)$

$C_A = C_A^0 - C_A^*$

$C_B = C_B^0 + C_A^*$

$C_A^* - C_A = C_A^*$

$C_A^* = X(C_A^0)$

$X(C_A^0) = C_A^* - C_A$

$X(C_A^0) = C_A^* - C_A$

$X(C_A^0) = C_A^* - C_A$

$C_{A0} = 1M$
 $C_{B0} = 0M$

$X_{A^{st}} = 0.667$
 $X_{A^{op}} = 0.333$

$N_{ind} - N_{sald} + v_{R1} = 0$
 $N_{ind} - N_{sald} + (R_{V1}) = \frac{dV_1}{dt}$

$N_{ind} - N_{sald} + v_{R1} = 0$
 $N_{ind} - N_{sald} + \frac{1}{2} Q = 0$

No se elimina, $V \neq 0$

$$R_A = K C_A - K' C_B$$

$$C_{A_{int}} - C_{B_{int}} + \frac{R_A V}{R} = 0$$

$$C_{A_{int}} - C_{B_{int}} + \frac{V}{R} \left(K C_A - \frac{K}{k_{eq}} C_B \right) = 0$$

$$C_{A_{int}} - (C_{A_{int}} - X C_{A_{int}}) + \frac{V}{R} \left(K C_A - \frac{K}{k_{eq}} C_B \right) = 0$$

$$C_{A_{int}} - C_{A_{int}} + X C_{A_{int}} + \frac{V}{R} \left(K C_A - \frac{K}{k_{eq}} C_B \right) = 0$$

$$X C_{A_{int}} + \frac{V}{R} \left(K C_A - \frac{K}{k_{eq}} C_B \right) = 0$$

$$X C_{A_{int}} + \frac{V}{R} \left(K C_{A_{int}} - \frac{K}{k_{eq}} (C_{A_{int}} - X_2 C_{A_{int}}) \right) = 0$$

$$X_A = \frac{C_{A_0} - C_A}{C_{A_0}} = 0.667$$

$$C_A^0 - C_A = 0.667 C_A^0$$

$$C_A^0 - 0.667 C_A^0 = C_A$$

$$C_A^0 (1 - 0.667) = C_A$$

$$\frac{C_A}{C_A^0} = 0.334 = k_f$$

$$X_{\text{Cont}} + \frac{V}{\sigma} \left(k_{\text{Cont}} - \frac{k}{k_y} (-k_{\text{H Cont}}) \right) > 0$$

$$X_{\text{Cont}} + \frac{V}{\sigma} \left(k_{\text{Cont}} + \frac{k}{k_y} X_{\text{Cont}} \right) > 0$$

$$X_{\text{Cont}} \left(k + k + \frac{k}{k_y} k \right) > 0$$

hay que analizar $\frac{V}{\sigma}$

$$X_{\text{Cont}} \left(0.33 + k + \frac{k}{k_y} 0.33 \right) > 0 \quad X_{\text{Cont}} \left(0.5 + k + \frac{k}{k_y} 0.5 \right)$$

$$\frac{X_{\text{Cont}}}{X_{\text{Cont}}} = \frac{0.5 + k + \frac{k}{k_y} 0.5}{0.33 + k + \frac{k}{k_y} 0.33}$$



Al disminuir el término $\frac{V}{\sigma}$ ya no es posible determinar la relación de n^1 y n^2

Anexo XII. Clasificación de los reactivos MAI, respecto a los diferentes tipos de problemas

INVENTARIO DE CONCIENCIA METACOGNITIVA

Problemas con Historia (Story problems)

Relacionado al conocimiento declarativo (DK)

5	I understand my intellectual strengths and weaknesses (Entiendo mis fortalezas y debilidades intelectuales)	DK
10	I know what kind of information is most important to learn (Yo sé qué tipo de información es más importante aprender)	DK
12	I am good at organizing information (Soy bueno para organizar la información)	DK
16	I know what the teacher expects me to learn (Sé lo que la maestra espera que aprenda)	DK
17	I good to remember information (Soy bueno para recordar información)	DK
20	I have control over how well I learn (Tengo control sobre lo bien que aprendo)	DK
32	I am a good judge of how well I understand something (Yo soy un buen juez de lo bien que entiendo algo)	DK
46	I learn more when I am interested in the topic (Aprendo más cuando estoy interesado en el tema)	DK

Solución y diagnóstico del problema (Troubleshooting/Diagnosis problem)

Relacionado con el conocimiento procedural (PK) y condicional (CK)

3	I try to use strategies that have worked in the past (Trato de utilizar estrategias que me han funcionado en el pasado)	PK
14	I have a specific purpose for each strategy I use (Tengo un propósito específico para cada estrategia que utilizo)	PK
15	I learn best when I now something about the topic (Aprendo mejor cuando sé algo sobre el tema)	CK
18	I use different learning strategies depending on the situation (Puedo utilizar diferentes estrategias de aprendizaje dependiendo de la situación en la que me encuentre)	CK
26	I can motivate myself to learn when I need to (Puedo motivarme mi mismo para aprender cuando lo necesito)	CK
27	I am aware of what strategies I use when I study (Cuando estudio)	PK

	estoy consciente de cuáles son las estrategias que utilizo)	
29	I use my intellectual strengths to compensate for my weaknesses (Utilizo mis fortalezas intelectuales para compensar mis debilidades)	CK
33	I find myself using helpful learning strategies automatically (Utilizo de forma automática estrategias útiles para aprender)	PK
35	I know when each strategy I use will be most effective (Sé cuando será más eficaz cada estrategia que utilizo)	CK

Toma de Decisión (Decision Making problem)

Relacionado con los procesos de Planeación (P) y Monitoreo (M) del problema

1	I ask myself periodically if I am meeting my goals (Me pregunto periódicamente si estoy alcanzando mis metas)	M
2	I consider several alternatives to a problem before I answer (Antes de responder o proponer una solución, considero varias alternativas a un problema)	M
4	I pace myself while learning in order to have enough time (Con el fin de disponer de tiempo suficiente, mantengo un ritmo mientras aprendo)	P
6	I think about what I really need to learn before I begin a task (Antes de empezar una tarea, pienso en lo que realmente necesito aprender)	P
8	I set specific goals before I begin a task (Me pongo metas específicas antes de comenzar una tarea)	P
11	I ask myself if I have considered all options when solving a problem (Cuando estoy resolviendo un problema, me pregunto si he considerado todas las opciones)	M
21	I periodically review to help me understand important relationships (Repaso periódicamente para ayudarme a entender relaciones importantes)	M
22	I ask myself questions about the material before I begin (Antes de comenzar, me hago preguntas sobre el material)	P
23	I think of several ways to solve a problem and choose the best one (Pienso varias maneras de resolver un problema y escojo la mejor opción)	P
28	I find myself analyzing the usefulness of strategies while I study (Mientras estudio analizo la utilidad de las estrategias que estoy utilizando)	M
34	I find myself pausing regularly to check my comprehension (Hago pausas con regularidad para comprobar mi comprensión)	M
41	I use the organizational structure of the text to help me learn (Utilizo la estructura organizativa del texto, apuntes o artículo para ayudarme a aprender)	P
42	I read instructions carefully before I begin a task (Antes de comenzar una tarea, leo cuidadosamente las instrucciones)	P
45	I organize my time to best accomplish my goals (Organizo mi tiempo	P

	para poder alcanzar mejor mis metas)	
49	I ask myself questions about how well I am doing while I learning something new (Mientras estoy aprendiendo algo nuevo, me pregunto qué tan bien lo estoy haciendo)	M

Problemas de Diseño (Desing problem)

Relacionado con los procesos Depuración Estratégica (DS), Manejo Estratégico de la Información (IMS) y Evaluación (E)

7	I know how well I did once I finish a test. (Al terminar un examen, sé cómo me fue)	E
9	I slow down when I encounter important information. (Me freno cuando me encuentro con información importante)	IMS
13	I consciously focus my attention on important information. (Conscientemente enfoco mi atención en la información más importante)	IMS
19	I ask myself if there was an easier way to do things after I finish a task. (Después de terminar una tarea me pregunto si había una manera más fácil de hacer las cosas)	E
24	I summarize what I've learned after I finish. (Al terminar, resumo lo que he aprendido)	E
25	I ask others for help when I don't understand something. (Cuando no entiendo algo, le pido ayuda a otros)	DS
30	I focus on the meaning and significance of new information. (Me concentro en el significado y la importancia de la nueva información)	IMS
31	I create my own examples to make information more meaningful. (Creo mis propios ejemplos para hacer la información más significativa)	IMS
36	I ask myself how well I accomplish my goals once I'm finished. (Una vez que termino, me pregunto qué tanto alcancé mis metas)	E
37	I draw pictures or diagrams to help me understand while learning. (Mientras aprendo, hago dibujos o diagramas para ayudarme a comprender)	IMS
38	I ask myself if I have considered all options after I solve a problem. (Después de resolver un problema, me pregunto si consideré todas las opciones)	
39	I try to translate new information into my own words. (Trato de poner en mis propias palabras la nueva información)	IMS

40	I change strategies when I fail to understand. (Cuando no entiendo algo, cambio de estrategia)	DS
43	I ask myself if what I'm reading is related to what I already know. (Me pregunto si lo que estoy leyendo se relaciona con algo que ya sé)	IMS
44	I reevaluate my assumptions when I get confused. (Cuando me confundo, re-evalúo mis suposiciones)	DS
45	I organize my time to best accomplish my goals. (Organizo mi tiempo para poder alcanzar mejor mis metas)	P
47	I try to break studying down into smaller steps. (Trato de partir lo que estudio en partes más pequeñas)	IMS
48	I focus on overall meaning rather than specifics. (Me concentro en el significado global más que en los detalles específicos)	IMS
50	I ask myself if I learned as much as I could have once I finish a task. (Al terminar una tarea, me pregunto si he aprendido tanto como podría haberlo hecho)	E
51	I stop and go back over new information that is not clear. (Me detengo y reviso la nueva información que no me queda clara)	DS
52	I stop and reread when I get confused. (Cuando me confundo, me detengo y releo)	DS

AC 2012-4335: IMPLEMENTING PROBLEM-SOLVING LEARNING ENVIRONMENTS IN A KINETICS AND HOMOGENEOUS REACTOR DESIGN COURSE

Prof. Ramirez Apud Zaira, Universidad de las Americas Puebla

Zaira Ramirez is Science, Engineering, and Technology Education Ph.D. Student at Universidad de las Americas Puebla in Mexico. She teaches ethics and development complex thinking skills related courses. Her research interests include faculty development, outcomes assessment, and creating effective learning environments.

Dr. Nelly Ramirez-Corona, Universidad de las Americas Puebla

Nelly Ramirez-Corona is currently a Full Time Professor of Chemical Engineering at Chemical, Environmental and Food Engineering Department, Universidad de las Americas, Puebla, Mexico. Her teaching experience is in the area of Process Dynamics and Control, Kinetics, Catalysis and Reactor Design. Her research interests are in the field of Process Systems Engineering, and include the analysis and design of thermally coupled and alternative distillation configurations, the design of nonideal distillation systems and the synthesis, optimization and control of chemical process with reaction and recycles streams

Prof. Aurelio Lopez-Malo, Universidad de las Americas Puebla

Aurelio Lopez-Malo is Professor and Past Chair, Department of Chemical, Food, and Environmental Engineering at Universidad de las Americas Puebla in Mexico. He teaches food science and engineering related courses. His research interests include emerging technologies for food processing, natural antimicrobials, and active learning

Dr. Enrique Palou, Universidad de las Americas Puebla

Professor Palou is Director, Center for Science, Engineering, and Technology Education in the Department of Chemical, Food, and Environmental Engineering at Universidad de las Americas Puebla in Mexico. He teaches engineering, food science, and education related courses. His research interests include emerging technologies for food processing, creating effective learning environments, using tablet PCs and associated technologies to enhance the development of 21st century expertise in engineering students, and building rigorous research capacity in science, engineering and technology education.

Implementing Problem-Solving Learning Environments in a Kinetics and Homogeneous Reactor Design Course

Introduction

The main task of a chemical engineer is to design and operate processes to transform raw materials into final products, particularly by the exploitation of chemical reactions at industrial scale. Reactor operation is at the heart of many chemical processes, while other unit operations and equipment are necessary to prepare the reactants for the reactor conditions or to separate the different components from the reactor effluent. For proper reactor design, chemical kinetics and reactor engineering must be considered. Chemical kinetics study chemical reaction rates, which must be obtained from experimental measurements; reactor engineering defines the type and size of the device within which the reaction occurs and its operating conditions (temperature, pressure, and the energy exchange with the environment) to achieve a reaction specific goal.

According to Felder¹, there are six pillars holding up the application of chemical reactor engineering: stoichiometry, rate laws, mole balances, energy balances, diffusion, and contacting pattern. At *Universidad de las Américas Puebla* chemical engineering (ChE) students develop the knowledge and skills to design and operate chemical reactors in two senior courses, the first one entitled Kinetics and Homogeneous Reactor Design (IQ-407) and the second one Catalysis and Heterogeneous Reactor Design (IQ408). Heterogeneous reactors using solid catalyzers are the most common reaction technology implemented on industrial scale; catalytic models are built using the same basic concepts that those used in homogeneous reactor design, for this reason it is indispensable that students acquire a solid knowledge from their first course of reactor design.

The first course (IQ-407) is focused on the first four pillars mentioned above and its outcomes include that students will be able to: 1) determine reaction rate expressions obtained from experimental data; 2) use basic concepts of kinetics, mass and energy balances, as well as principles from thermodynamics to design ideal homogeneous reactors; and 3) asses and propose reactor operation conditions to achieve a specific objective.

Practicing engineers are hired, retained, and rewarded for solving problems. Thus, engineering students should learn how to solve workplace problems². In general, workplace engineering problems are substantively different from the kinds of problems that engineering students most often solve in the classroom; therefore, learning to solve classroom problems does not necessarily prepare engineering students to solve workplace problems^{2,3}. Therefore, we designed and implemented several problem-solving learning environments (a term that represents problem-solving instruction in a more open-ended way than problem-based learning) for the IQ-407 course.

Problems vary in different ways, so different kinds of problems call on different conceptions and skills^{2,4}. Based on those differences among problems, different kinds of IQ-407 problems were developed such as story problems, decision-making problems, troubleshooting, strategic performance problems, and design problems. Since there exist different kinds of problems, which call on different skills, learning methods should also vary^{3,4}. That is why special attention was given to the building blocks (cases) of our problem-solving learning environments (PSLEs), since the intellectual functions of cases vary and consequently they support different kinds of problem solving^{3,4}. Furthermore, students develop metacognitive skills along the problem solving process, which is as important as finding the right problem solution; metacognition is the ability to understand, monitor and regulate our own learning process⁵.

Methodology

In order to know how students solving problems skills can be developed through PSLEs implementation, we conducted a preliminary research in the course IQ-407. We designed, implemented and tested a block of problems categorized according to Jonassen³ classification: story problems, troubleshooting and diagnosis problems, decision-making problems, and design problems. Each one of these problems was implemented for developing specific skills or to improve the understanding of key concepts related to chemical reactor engineering. Finally, a design (open-ended) problem was used to assess the expected learning outcomes and student problem solving skills development.

Learning outcomes assessment was carried out, among other measures, by using a rubric designed to know the importance that students assign to each studied course outcome and their progress in achieving them along the course. In order to assess metacognitive skills developed by the students, a Metacognitive Awareness Inventory⁶ (MAI) was utilized to obtain evidence about how those skills are identified by the students. According to Flavell⁵, two main metacognition characteristics exist, learning monitoring and learning regulation.

Instructional materials were available on the course website and students and instructor were using Tablet PC's with selected instructional platforms for PSLEs implementation, which allowed working online simultaneously. Class population was integrated by four students, thus monitoring their individual progress along the course was pretty easy. Backups with the developed material were saved as electronic files, but the primary data source for this work was an in-depth interview with the students at the end of this initial implementation.

Implementing problem based learning environments in IQ-407

Problem based learning is an instructional strategy in which learning is organized around authentic problems⁷. IQ-407 problem solving learning environments were based on Jonassen³,

thus different kinds of problems were implemented along the IQ-407 course. Since story problems objective is that students recognize variables and utilize algorithms, several story problems were used to teach and learn stoichiometry. Generally, students are familiar with the stoichiometric relationships from their previous chemistry lessons, but they are not able to generalize it or write these relationships as mathematical equations, which are required for modeling a reaction system. To support students to develop this ability, some story problems were implemented; students were asked to analyze, for different reactions, the relationship between each pair of components and its stoichiometric coefficient, for introducing basic concepts as reaction coordinate and conversion fraction^{1,8}; then they must to induce a conceptual model to describe stoichiometric relationships. An example of story problem utilized is described in Figure 1. Students were able to identify main concepts, select useful information, generate and verify the solutions to these kinds of problems.

<p>The reaction</p> $A + 2B \rightarrow C$ <p>is to be carried out in liquid phase within a continuous flow reactor. The feed stream contains A and B with $C_{A0}=C_{B0}= 2M$ and it is fed with a volumetric flow rate of $5 \text{ dm}^3/\text{min}$. If a 50% conversion from the limiting reactant is desired, determine the molar flow of each component at the reactor effluent.</p>

Figure 1. Example of a story problem for IQ-407 course. Adapted from Fogler¹.

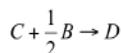
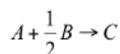
Kinetics is the second pillar of chemical engineering. As mentioned before, rate laws have to be determined from experimental data, so laboratory work was used to support this topic learning. Three different methods for obtaining kinetics parameters (reaction order, reaction specific rate and temperature dependence) from experimental data were discussed at classroom. Then, students developed laboratory work to collect data of concentration-time for three different reactions: saponification of ethyl acetate, decomposition of hydrogen peroxide, and hydrolysis of sucrose. As example, the problem context of decomposition of hydrogen peroxide is described below in Figure 2. In all cases, the appropriate method to determine every kinetic parameter was identified and applied by students.

<p>Hydrogen peroxide can be decomposed spontaneously into water and oxygen according to the next stoichiometry:</p> $2H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O + O_2$ <p>this reaction can be catalyzed by manganese dioxide. By using commercial product (aqueous solution at 3% H_2O_2) develop the experiment described into the laboratory manual to obtain data for produced oxygen vs. time. Repeat the experiment for two different temperatures. Analyze the obtained results and determine a kinetic expression by fitting the obtained experimental data. Report the global reaction order, the frequency factor and the activation energy for this reaction.</p>
--

Figure 2. Example of a decision making/troubleshooting and diagnosis problem for IQ-407 course.

When students were able to write stoichiometric relationships and determine reaction rate expressions, then chemical reaction engineering was introduced. The reactor design equations are built from mole and energy balances, the proper solution of this equations allows defining design variables or operating conditions for reacting systems. In IQ-407 three types of ideal homogeneous reactor were analyzed: Batch Reactor, Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) and Plug Flow Reactor (PFR). For this topic we built a block of cases with a progressive difficulty, most of them designed as troubleshooting and diagnosis problems, which present a higher complexity level and requiring a better knowledge of the subject. First, problems with single reaction occurring in single phase within a single reactor were studied (story problem). After that, we analyzed how to improve the achieved conversion by adding a second reactor, connected in series or parallel with the first one (decision making/troubleshooting and diagnosis problems allow students selecting one or more satisfactory answers). Traditionally, problems with a single reaction are used to teach the whole course, but it is known that single reaction system is a particular case in reaction engineering; therefore problems with multiple reactions⁸ were introduced for each topic along the course, in order to foster students' knowledge transfer to any kind of reactor and any number of reactions. A decision-making problem example is exhibited in Figure 3.

There are two CSTRs available to process 80 L/min containing 0.5 M of A and 0.1 M of B, the first one with a 5 m³ volume and the second tank with 2m³ volume. The desired product C may continuing reacting to a side product with no commercial value. The important reactions are:



The kinetic laws for each reaction, which are referred to component B are:

$$(-r_B)_1 = k_1 C_A C_B^{0.5} = 0.0068 \frac{\text{lt}^{0.5}}{\text{min} * \text{mol}^{0.5}} C_A C_B^{0.5}$$

$$(-r_B)_2 = k_2 C_B C_C = 0.0745 \frac{\text{lt}}{\text{min} * \text{mol}} C_B C_C$$

Determine the proper order to install both reactors.

Figure 3. Example of a decision-making problem for IQ-407 course. Adapted from Tiscareño⁸.

Problem solving learning environment assessment

The initial implementation of the PSLEs in IQ-407 was exploratory, intended to provide formative evaluation along the course. However, a deep analysis for the final problem solution was conducted. The final project was assigned over the last week of the 2011 fall semester;

students had a period of one week to develop their proposal. Students were asked to carry out a formal presentation of their problem solution methodology, the obtained results and their final conclusions. The presentation was video recorded to be further examined. The analysis of this presentation allows identifying students ability to solve workplace problems as well as their skills to argue their decisions.

Problem definition is the first important stage to arrive at the correct solution; students mentioned that they needed to make the process diagram (by drawing a graphical representation of the problem) to identify the available data and the missing information. After that, their strategy for problem solution involves break the problem into two sub-problems: mathematical model development and then analysis of alternatives. To develop the mathematical model students worked together as a team (each one construct their own model but it was reviewed by all of them for validation) and they worked individually to evaluate alternatives for process operation. Since the problem was open ended, a number of alternative solutions can be generated, for this reason students had to define a methodology to constrain the number of scenarios to be evaluated. Each student generated at least three suitable solutions. Along students' presentations, instructor conducted some key questions to let students construct arguments for supporting their selection. At the presentation closure, every one of the students said that it was pretty difficult to select "the optimum operation conditions" or "the better solution" because it is necessary to evaluate some other aspects (e.g., economic or environmental) not available in the tested design problem to make a final decision. It can be noted that most knowledge and cognitive processes categories of the revised Blooms' taxonomy¹¹ were distinguished during this presentations: factual, conceptual, procedural, and metacognitive knowledge, as well as cognitive processes such as remember, understand, apply, analyze, evaluate, and create.

As stated before, this final design problem was designed to evaluate the expected learning outcomes. In a general way, students were able to organize and recognize useful information, get the missing data, develop a mathematical model to represent the problem statement and evaluate different scenarios to achieve the specified goal. In order to identify the students' perception on the importance and the progress achieved by them for each studied course learning outcome, a final survey was carried out. These learning outcomes assessment results are exhibited in Figure 4. The dark gray bars indicate the importance (in a scale from 1: "none" to 5: "a lot") that students assign to the course learning outcomes, while the light gray show the progress achieved by them regarding achievement (in a scale from 1: "none" to 5: "a lot") of course learning outcomes according to their own perception.

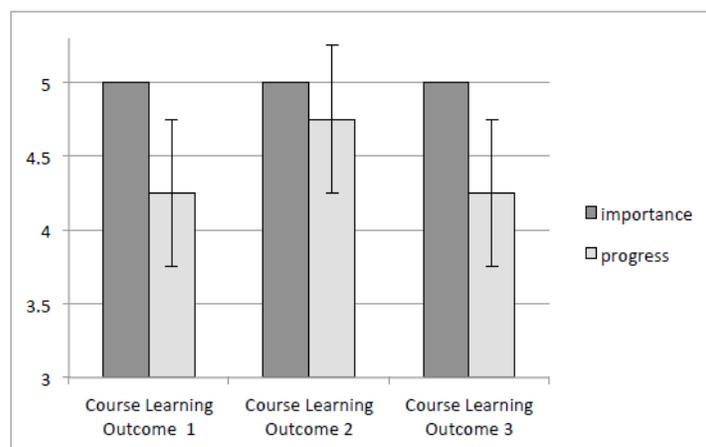


Figure 4. Course learning outcomes (students will be able to: 1) determine reaction rate expressions obtained from experimental data; 2) use basic concepts of kinetics, mass and energy balances, as well as principles from thermodynamics to design ideal homogeneous reactors; and 3) asses and propose reactor operation conditions to achieve a specific objective) importance and student progress in achieving them.

As can be observed from the obtained results, students think that studied course learning outcomes are very important; this perception can be associated to the fact that reactor engineering is precisely the main difference from other engineering programs. Regarding their perception on their progress in achieving course learning outcomes, it was the second outcome (use basic concepts of kinetics, mass and energy balances, as well as principles from thermodynamics to design ideal homogeneous reactors) from which they perceived their greatest progress. In the case of course learning outcomes 1 and 3, the importance and student progress in achieving them were significantly different ($p < 0.05$). It can be observed (Figure 4) that students felt less confident with their progress in these two learning outcomes; this result can be attributed to the fact that experimental data obtained from laboratory work do not always fit perfectly, and in most cases students feel disappointed with this mismatch. For the learning outcome 3, we assume that their perception was related with their final remarks on their project presentation; they think that additional tools are required to complete a thorough process evaluation.

Metacognitive skills development

In order to assess how and which metacognitive skills were recognized by students, the MAI⁶ was applied. Key questions are suggested by Schraw and Dennison⁶. The rubric to evaluate the metacognitive skills was designed using a Likert scale, from which students can choose between three parameters "Yes", "Sometimes" and "No". For metacognitive knowledge (also called metacognitive awareness) assessment, the following questions were included: a) I can motivate myself to learn when I need to; b) I am good at judging how well I understand something; c) I

focus on the meaning and significance of new information; and d) I learn more when I am interested in the topic. The obtained results are exhibited in Figure 5. According to students' answers, they are conscious about the metacognitive skills required for monitoring their learning process; they can motivate themselves to learn, especially when they are interested on the topic, but they face some difficulty identifying and understanding new information.

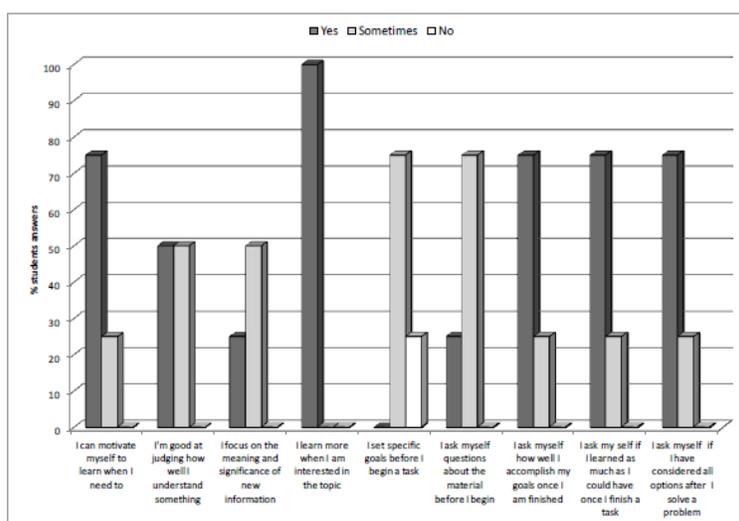


Figure 5. Metacognitive skills assessment results

For metacognitive regulation assessment the next questions were considered: e) I set specific goals before I begin a task; f) I ask myself questions about the material before I begin; g) I ask myself how well I accomplish my goals once I am finished; h) I ask myself if I learned as much as I could have once I finish a task; and i) I ask myself if I have considered all options after I solve a problem. Students recognized (Figure 5) that they do not always set specific goals or analyze the available material before they begin a task. However, they emphasize on questioning about the consistence of their problem solution (questions g, h, and i). It is clear that students recognized both metacognitive processes, learning monitoring and learning regulation. Although they were more conscious about the second one.

Final remarks

Implementing PSLEs in the IQ-407 class represented a challenging transition for both instructors and students. Implementation of any curricular change is a diffusion and adoption of change problem⁷. In this initial implementation, IQ-407 students and the instructor were challenged to

develop new approaches to teaching and learning that had different expectations. In the case of students, these expectations defied their well-developed study strategies. During the Spring 2012 semester, we are collecting further research data in the course IQ-408 by means of multiple data sources to assess content understanding, problem-solving skills, and self-regulation skills among the students enrolled in the course. Based on the experiences in this first PSLE implementation, we have added several scaffolds to help IQ-408 students better comprehend and solve the problems. Each student is being responsible for populating a *OneNote* page for each problem. Their responses are being guided by a series of content and metacognitive scaffolding questions with the help of Tablet PCs and associated instructional platforms. We hope that students' efforts will be even more concerted and rigorous.

Acknowledgments

We acknowledge financial support from HEWLETT-PACKARD (HP) through the HP Catalyst Grant Initiative for the project "Critical Support Systems to Enhance the Development of 21st Century Expertise in Engineering Students: Using Tablet PCs and Associated Technologies, the *Framework for 21st Century Learning*, and Guidelines from Research on *How People Learn*." Author Ramírez Apud acknowledges financial support for her PhD studies from the National Council for Science and Technology of Mexico (CONACyT) and *Universidad de las Américas Puebla*.

Bibliography

1. Fogler, H. S. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 4th Ed. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ.
2. Jonassen, D. H., Strobel, J., and Lee, C. B. 2006. Everyday problem solving in engineering: Lessons for engineering educators. *Journal of Engineering Education*, 95(2): 1–14.
3. Jonassen, D. H. 2011. *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*. Routledge: New York.
4. Jonassen, D. H. 2010. Assembling and Analyzing the Building Blocks of Problem-Based Learning Environments, in *Handbook of Improving Performance in the Workplace, Volume One: Instructional Design and Training Delivery* (K. H. Silber and W. R. Foshay, eds.), John Wiley & Sons: Hoboken, NJ.
5. Flavell, J. H. 1979. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10): 906-911
6. Schraw, G. and Dennison, R. S. 1994. Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4): 460–475.
7. Jonassen, D. H. and Khanna, S. K. 2011. Implementing Problem Based Learning in Materials Science. *Proceedings of the 2011 ASEE Annual Conference and Exposition*, Vancouver, Canada, June 26-29.
8. Tiscareño, L. F. 2008. *ABC Para Comprender Reactores Químicos Con Multireacción*. Reverté: México DF.
9. Turton, R., Baillie, R. C., Whiting, W. B., and Shaerwitz, J. A. 1998. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Process*. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ.
10. Luyben, W. 2002. *Plantwide Dynamic Simulators in Chemical Processing Control*. Marcel Dekker: New York.
11. Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R. 2001. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Addison Wesley Longman: New York.

APPENDIX A: Final problem

The process flow sheet for the hydrodealkylation of toluene to obtain benzene is shown in Figure 6:

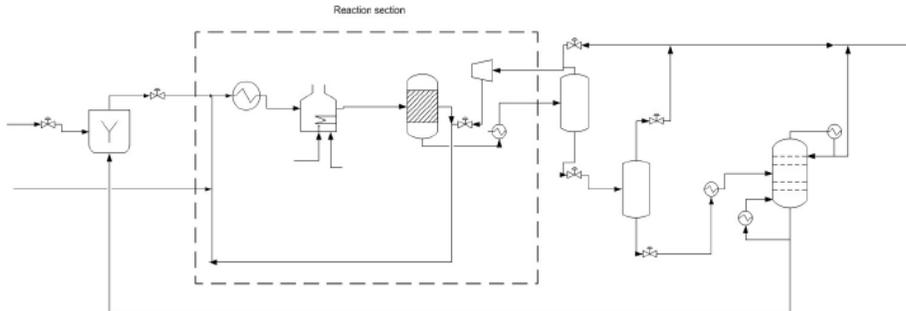
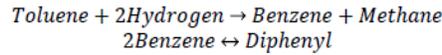


Figure 6. HDA Process Flow sheet. Adapted from Turton et al⁹.

The process synthesis depends on reactor design, because of the selected operating conditions for this unit define the utilities requirements to prepare raw materials for the reactor conditions, and the reactor yield defines the use of separation units for product purification and/or for recovery the unreacted compounds. For the study case, reaction can be carried out in a catalytic fashion using a packed bed reactor (PBR) or by homogeneous reaction by using a plug flow reactor. Both alternatives are discussed by Turton et al⁹. Following reactions take place in gas phase within the reaction unit:



As process engineer on charge, you are asked to develop a process analysis to define the reactor volume required and its operating conditions, if a PFR is used to process 376 lbmol/h of toluene, taking into account the following operating constrains:

Temperature range	700-950°C
Operation mode	isothermal
Pressure range	300-700 psia
Operation mode	isobaric
Reactants ratio H ₂ /Toluene	>2
Composition of feed fresh Hydrogen stream	95% mole H ₂ and 5% CH ₄
Selectivity of desired product/ byproduct	>10/1
Toluene conversion	<0.75

The rate reaction laws are described by following expressions¹⁰:

$$\begin{aligned} r_1 &= k_1 P_T P_H^{0.5} \\ r_2 &= k_2 P_B^2 - k_2' P_D P_H \end{aligned}$$

$$k_1 = 3.686 \times 10^6 \exp\left(\frac{-90800}{RT}\right)$$
$$k_2 = 9 \times 10^4 \exp\left(\frac{-90800}{RT}\right)$$
$$k'_2 = 2.553 \times 10^5 \exp\left(\frac{-90800}{RT}\right)$$

Where reaction rates have units of lbmol/min ft³, partial pressures are in psia, activation energy is in Btu/lbmol and temperature is in °R.

1. - Develop the proper mathematical model, involving the mass and mole balances, the reaction rates expressions, the stoichiometric relationships, etc., for modeling system performance.
2. - Solve that model by using the polymath™ software, analyze different scenarios to define the effect of following variables on toluene conversion and its selectivity to benzene:
 - Feed reactants ratio; hydrogen/toluene
 - Operating temperature
 - Operating pressure
 - a. Describe the used methodology to define the studied scenarios
 - b. Analyze the obtained results. In order to support your conclusions, analyze the behavior of all design variables (reactor volume, volumetric flow, residence time, spatial time, concentration of each component along the reactor...).
 - c. Based on such analysis propose a reactor design, justify the selected operation conditions.

This problem was adapted from different sources^{9,10}.

120th ASEE Annual Conference & Exposition | June 23-26, 2013
FRANKLY, WE DO GIVE A D*MM

Paper ID #6294

Assessing Metacognitive Awareness during Problem-Solving in a Kinetics and Homogeneous Reactor Design Course

Dr. Nelly Ramirez-Corona, Universidad de las Americas Puebla

Nelly Ramírez-Corona is currently a Full Time Professor of Chemical Engineering at Chemical, Environmental and Food Engineering Department, Universidad de las Américas, Puebla, México. Her teaching experience is in the area of Process Dynamics and Control, Kinetics, Catalysis and Reactor Design. She did her undergraduate studies in Chemical Engineering at the Universidad Autónoma de Tlaxcala, México, and his Master and Doctoral studies at the Instituto Tecnológico de Celaya, México. Her research interests are in the field of Process Systems Engineering, and include the analysis and design of thermally coupled and alternative distillation configurations, the design of nonideal distillation systems and the synthesis, optimization and control of chemical process with recycles streams.

Prof. Ramirez Apud Lopez Zaira, Universidad de las Americas Puebla

Zaira Ramírez is Science, Engineering, and Technology Education Ph.D. Student at Universidad de las Americas Puebla in Mexico. She teaches ethics and development complex thinking skills related courses. Her research interests include faculty development, outcomes assessment, and creating effective learning environments.

Prof. Aurelio Lopez-Malo, Universidad de las Americas Puebla

Dr. Enrique Palou, Universidad de las Americas Puebla

Professor Palou is Director, Center for Science, Engineering, and Technology Education in the Department of Chemical, Food, and Environmental Engineering at Universidad de las Americas Puebla in Mexico. He teaches engineering, food science, and education related courses. His research interests include emerging technologies for food processing, creating effective learning environments, using tablet PCs and associated technologies to enhance the development of 21st century expertise in engineering students, and building rigorous research capacity in science, engineering and technology education.

Assessing Metacognitive Awareness during Problem-Solving in a Kinetics and Homogeneous Reactor Design Course

Abstract

Since practicing engineers are hired, retained, and rewarded for solving problems, engineering students should learn how to solve workplace problems^{1,2}. Therefore, we designed and implemented several problem-solving learning environments (PSLEs) for the junior course entitled Kinetics and Homogeneous Reactor Design at *Universidad de las Américas Puebla*³.

Metacognition has been shown to be important for the solution of more open-ended and well-structured problems². Flavell^{4,5} distinguished two characteristics of metacognition: *knowledge of cognition* (KC) and *regulation of cognition* (RC). In order to support student metacognitive processing while learning to solve kinetics and homogeneous reactor design problems, the instructor created a supportive social environment in the course and inserted a series of question prompts during PSLEs, as a form of coaching where the problem to be solved was represented as a case, and cases were used in various ways (worked examples, case studies, structural analogues, prior experiences, alternative perspectives, and simulations) as instructional supports.

The Metacognitive Awareness Inventory (MAI) designed by Schraw and Dennison⁶ was utilized as a pre- (first day of classes) post- (last day of classes) test. MAI is a 52-item inventory to measure adults' metacognitive awareness. Items are classified into eight subcomponents subsumed under two broader categories, KC and RC. Furthermore, in order to assess metacognitive awareness during problem-solving activities, students had to answer the corresponding problem as well as approximately 2-3 embedded problem-solving prompts (from Jonassen²) and 4-6 embedded metacognitive prompts (from MAI).

Results for the pre-post MAI exhibited a significant ($p < 0.05$) increase in student metacognitive awareness. This increase was also noticed by means of the embedded MAI prompts while solving different kinds of problems (such as story problems, decision-making problems, troubleshooting, and design problems) throughout the course, in which students also improved the quality of their embedded problem-solving answers and corresponding grades.

Promoting metacognitive awareness and skills could be a valuable method for improving learning and student performance during kinetics and homogeneous reactor design problem-solving, as has been previously reported for professional educators⁷ and dental hygiene students⁸.

Introduction

Practicing engineers are hired, retained, and rewarded for solving problems. Usually workplace engineering problems are substantively different from the kinds of problems that engineering students most often solve in the classroom; therefore, learning to solve classroom problems does not necessarily prepare engineering students to solve workplace problems^{1,2}. Therefore, the primary purpose of engineering education should be to engage and support learning to solve problems^{1,3}. Hence, we designed and implemented several problem-solving learning environments (PSLEs), a term that represents problem-solving instruction in a more open-ended way than problem-based learning².

Problem solving is a schema-based activity^{1-3,9}. That is, in order to solve problems, learners must construct schemas for problems. Constructing models of problems greatly facilitates schema development. Having constructed a robust schema for different kinds of problems, learners are better able to transfer their problem-solving skills. Learning to solve problems requires practice in solving problems, not learning about problem solving². PSLEs assume that learners must engage with problems and attempt to construct schemas of problems, learn about their complexity, and mentally wrestle with alternative solutions^{2,9}. Hence, we built PSLEs to engage and support students in learning how to solve problems by practicing solving problems³.

PSLEs were developed by following the design activities proposed by Jonassen²: 1) First we interacted with the teacher of the studied course to identify and articulate problems relevant to the discipline; 2) We analyzed problems, first by creating a causal model of the problem space; 3) Then we conducted an activity theory analysis to identify the historical, cultural, experiential factors that affect problem solving on the context chosen⁶; 4) Determined what kind of problems were each one of them; 5) Constructed case supports and cognitive scaffolds for each problem type; 6) To then construct each PSLE that included some combination of case components and cognitive strategies; 7) Finally implemented and assessed the effects of the developed PSLEs. Preliminary results are discussed elsewhere³.

Problems vary in different ways, so different kinds of problems call on different conceptions and skills; consequently learning methods should also vary^{1-2,9}. Based on those differences among problems, different kinds of reaction engineering problems were developed, such as story problems, troubleshooting/diagnosis problems, decision-making problems, and design problems.

Making decisions to manage process operation conditions is the most common problem that engineers have to face in real life, and those decisions have to be based on proper knowledge and prediction of the process performance. In chemical engineering, reactor design is considered as a fundamental knowledge since reactor conditions define the operation settings for most of the other units of the process¹⁰⁻¹². At *Universidad de las Américas Puebla*, chemical engineering

students develop the basic knowledge and skills to design and operate chemical reactors in the junior course Kinetics and Homogeneous Reactor Design course (IQ-407), which is the first one of a two course sequence. Learning outcomes for IQ-407 include that students will be able to: 1) determine reaction rate expressions from experimental data; 2) use basic concepts of kinetic, mass and energy balances, as well as principles from thermodynamics to design ideal homogeneous reactors; and 3) assess and propose reactor operation conditions to achieve a specific objective³.

In a preliminary study regarding the implementation and assessment of PSLEs for IQ-407, which was exploratory and intended to provide formative evaluation along the course, our findings³ indicated that students developed several metacognitive skills along the problem solving process, which we considered as important as finding the “right” solution, especially for open-ended (ill-structured) problems. Therefore the main goal of this work was to further study the development of IQ-407 students’ metacognitive skills along their problem solving process.

Flavell^{4,5} distinguished two characteristics of metacognition: *knowledge of cognition* (KC) and *regulation of cognition* (RC). KC comprises three sub-processes that facilitate the reflective aspect of metacognition: declarative knowledge (knowledge about self and about strategies), procedural knowledge (knowledge about how to use strategies), and conditional knowledge (knowledge about when and why to use strategies). KC includes knowledge of task, strategy, and personal variables. RC covers five areas: planning (goal setting), information management (organizing), monitoring (assessment of one’s learning and strategy), debugging (strategies used to correct errors) and evaluation (analysis of performance and strategy effectiveness after a learning episode). RC includes the ability to monitor one’s comprehension and to control one’s learning activities. The self-regulation factor of metacognition describes activities that regulate and oversee learning such as planning (predicting outcomes, scheduling strategies) and problem-monitoring activities (monitoring, testing, revising and rescheduling during learning). Self-regulation also involves evaluation. That is, metacognitive knowledge includes knowledge of the skills required by different tasks, strategic knowledge (knowledge of alternative learning strategies and when to use them) and self-knowledge (knowledge of one’s abilities and the abilities of others)⁴⁻⁸.

Methodology

Along the fall 2012 semester we implemented a series of PSLEs with the aim of developing specific skills and/or to improve the understanding of key concepts related to chemical reactor engineering. Finally, a design (open-ended) problem was used to assess students’ transfer of expected course learning outcomes and problem solving skills (this transfer of learning is not part of this research and will not be presented here).

In order to assess students' metacognition awareness, the Metacognitive Awareness Inventory (MAI) designed by Schraw and Dennison⁶ was utilized as a pre- (first day of classes) post- (last day of classes) test. MAI is a 52-item inventory to measure adults' metacognitive awareness (see appendix A). Items are classified into eight subcomponents subsumed under two broader categories, KC and RC. Furthermore, in order to assess metacognitive awareness during problem-solving activities, students had to answer the corresponding problem as well as approximately 2-3 embedded problem-solving prompts (from Jonassen²) and 6-10 embedded metacognitive prompts (from MAI). No additional instruction on metacognition was given. IQ-407 class population was integrated by eight students (two women), thus monitoring their individual progress along the course was relatively easy.

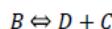
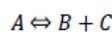
Instructional materials were available on the course website and students and instructor were using Tablet PC's with selected instructional platforms for PSLEs implementation, which allowed strong real-time interaction among students and instructor during classes. In order to support student metacognitive processing while learning to solve kinetics and homogeneous reactor design problems, the instructor created a supportive social environment in the course and inserted a series of question prompts during PSLEs, as a form of coaching where the problem to be solved was represented as a case, and cases were used in various ways² (worked examples, case studies, structural analogues, prior experiences, alternative perspectives, and simulations) as instructional supports.

Examples of PSLEs implementation in IQ-407

Story problems are commonly used for enhancing variable recognition and the use of algorithms. This kind of problems was utilized to support students' learning to describe stoichiometric relationships as mathematical models. If the degrees of freedom are specified, obtained models can be used to determine unknown variables. An example (that was assessed for this study during the course) is described in Figure 1.

Problem 1

The following reactions are taking place simultaneously in gas phase.



The equilibrium constant for each one is 6 and 4, respectively. The total pressure is 2 bar and it remains constant along the process. Determine the partial pressure for each component at equilibrium, if reactor is fed exclusively with A and it is operated isothermally.

Figure 1. Story problem example (adapted from Tiscareño¹²).

An example (that was assessed for this study during the course) of a decision-making problem is described in Figure 3. In this case students had to decide (and justify their decision) the order for placing both reactors, based on their reactor and kinetic knowledge, as well as 10 MAI items (they had to answer items numbered 2, 6, 8, 11, 21, 22, 23, 34, 41, and 42 on Appendix A) related to *regulation of cognition*, most of them particularly associated with planning and monitoring, were used as a form of coaching.

Additionally, a design problem (Appendix B) was implemented as final project, which was assigned for teamwork (groups of two students) on the last week of the semester and students had a period of one week to develop their proposal, which they presented as their final exam. The same chemical process was used for all teams, but a particular study case was assigned for each one. Students were asked to carry out a presentation of their problem solution methodology, the obtained results and their final conclusions. The presentation was videotaped to be further examined. Analysis of these presentations will allow us to identify students' abilities to solve complex problems, as well as their argumentative skills. Since the problem is open-ended, a number of alternative solutions can be generated, for this reason students had to define a methodology to constrain the number of scenarios to be evaluated. Along students' presentations, the instructor conducted some prompts to encourage students' argumentation for supporting their selections. As stated before, this final project will be utilized to assess students' transfer of expected course learning outcomes and problem solving skills. However, this transfer of learning study is not part of this research and will not be presented here).

Results and discussion

Pre-post MAI total mean scores are presented in Figure 4. The blue bars represent *knowledge of cognition* while the red bars display the *regulation of cognition* results. Global MAI results are summarized by the green bars. It is clear that significant progress ($p < 0.05$) in students' global metacognitive awareness, as well as specifically *knowledge of cognition*, and *regulation of cognition* were achieved. At Florida State University the MAI was used as a measuring tool in a research that examined the effects of teaching metacognitive strategies to 60 students in a photography class. The results of the MAI exhibited an increase in the total mean score, from 65 to 68 out of 100. The MAI was answered before and after assignments with instructions and practice in reflection, planning and evaluation¹⁵.

MAI has also been used at the faculty of Odontology in Malmö University in Sweden, for a project focusing on students' proficiency to learn in a problem-based curriculum. Students took part in different workshops; they watched a tutorial that was followed by discussions and worked in small groups designing cases. After the workshops the MAI-data from students taking part in the project was compared to data from other students, displaying significantly higher ($p < 0.10$) metacognitive awareness amongst students taking part in the project⁸. In a following project,

using a modified model of the PBL-tutorial, Malmö students increased on the MAI mean total score from 62.1 to 68.6 out of 100⁸.

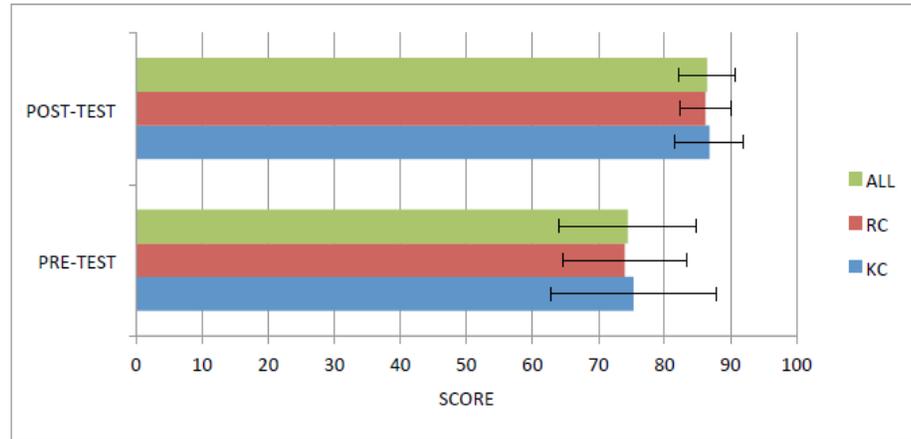


Figure 4. Pre-post (first-last day of classes) students' global *Metacognitive Awareness Inventory* (ALL), *knowledge of cognition* (KC), and *regulation of cognition* (RC) results (n = 8).

Furthermore, students' individual mean scores were also analyzed. Figure 5 displays every student pre-post metacognitive awareness (in which his/her *knowledge of cognition* and *regulation of cognition* are included).

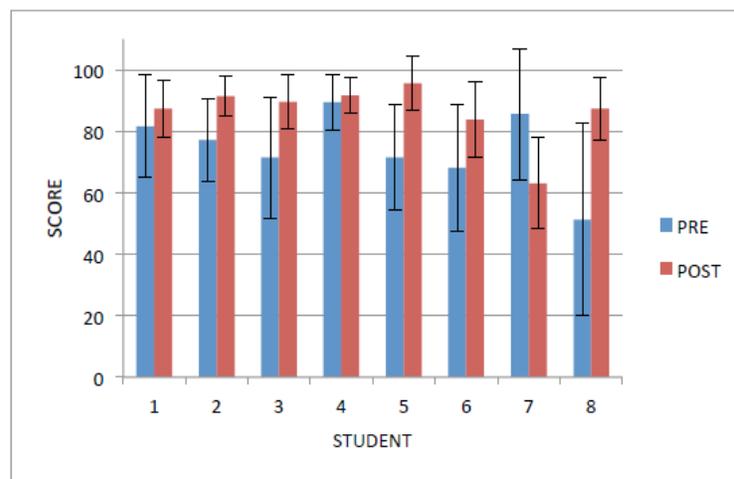


Figure 5. Pre-post (first-last day of classes) individual student *Metacognitive Awareness Inventory* results.

It can be observed in Figure 5 that the studied approach helped almost every student, regardless of its gender or academic strength. Students (numbered 1 and 4) that achieved high scores in the pre-test obtained minor gains in metacognitive awareness scores in their post-tests while students (numbered 2, 3, 5, 6, and 8) that achieved lower scores in the pre-test obtained larger gains in metacognitive awareness scores in their post-tests. In general, higher progresses were observed for lower pre-test MAI scores. Student numbered 7 is the only one that decreased its metacognitive awareness score, we think that he over-assessed its metacognitive awareness in the pre-test and after a whole semester of practicing, recognized its limitations regarding his metacognition skills.

Along the semester, several MAI items were included within the problem-solving activities. In order to analyze the development of student's metacognitive awareness, the obtained results were compared to those obtained in the MAI pre-test corresponding items. According to our findings, a significant progress was observed through each activity. A summary of results is presented in Table 1. As can be seen, the *knowledge of cognition* of students steadily and significantly increased from pre-test to problems 1 ($p < 0.05$) and 2 ($p < 0.01$), being more significant as course (and metacognitive awareness of students) progressed. Furthermore, *regulation of cognition* of students significantly ($p < 0.10$) increased from pre-test to problem 3, which was applied close to the end of the course.

Table1. Comparisons of students' *Metacognitive Awareness Inventory* (MAI) mean scores regarding MAI prompts' scores (KC: *knowledge of cognition* and RC: *regulation of cognition*) to MAI pre-test corresponding items' scores for each studied problem (1: story problem, 2: troubleshooting/diagnosis problem, 3: decision-making problem).

		Mean	Standard deviation	Significant* difference at $p <$
KC	<i>Pre-test</i>	75.27	12.54	
	Problem 1	80.44	20.31	0.0203
	Problem 2	87.92	9.47	0.0001
RC	<i>Pre-test</i>	74.00	9.29	
	Problem 3	80.78	18.73	0.0699

*Significant results by using Mann-Whitney Test

As stated before, the final design problem was implemented to assess students' chemical reactor problem-solving skills, as well as their metacognitive awareness to improve students' learning. The analysis of the proposed solution allowed instructor to identify students' ability to solve workplace problems. Students were able to organize and recognize useful information, get the missing data, develop a mathematical model to represent the problem, evaluate different scenarios to achieve the specified goal, choose operation conditions and suggest alternative solutions. Since different study cases were assigned for each team, students had the opportunity

to discuss different design and operation conditions, even some comparison between study cases were conducted by them. Furthermore, every report included a detailed description of their problem solving process. As can be noted in Appendix B, the course instructor did not require that description. This is an indication about how students enhanced their metacognitive awareness along the course, and how these skills, along with the acquired chemical reactor design knowledge, were used by students to improve their learning processes. As part of the design project presentations, discussion was encouraged regarding the problem solving strategies used by a particular team as well as on the problem solution itself. Therefore, opportunity was provided through the given format for students to not only assess their own problem solving ability, but to also be exposed to the problem solving strategies employed by other groups. This exposure also benefits the students.

Final remarks

Results for the pre-post MAI show a significant ($p < 0.05$) increase in student metacognitive awareness. This increase was also noticed by means of the embedded MAI prompts while solving different kinds of problems (such as a story problem, a troubleshooting/diagnosis problem, a decision-making problem, and a design problem) throughout the course, in which students also improved the quality of their embedded problem-solving answers and corresponding grades. It is important to note that with respect to the students, no resistance to this approach was noticed.

Furthermore, instructor reflection about the implemented PSLEs allowed her to be aware of these metacognitive processes, their impact on her students' learning, and its potential in order to incorporate more of such activities in several senior courses in chemical engineering. She realized that instructional activities implemented along each problem enhanced students' conceptual and procedural knowledge, promoting students' metacognitive awareness. Based on the assessed problems and especially on the final project, it was noted by her that encouraging these skills is valuable to improve learning and student problem-solving performance.

Acknowledgments

We acknowledge financial support from HEWLETT-PACKARD (HP) through the HP Catalyst Grant Initiative for the project "Critical Support Systems to Enhance the Development of 21st Century Expertise in Engineering Students: Using Tablet PCs and Associated Technologies, the *Framework for 21st Century Learning*, and Guidelines from Research on *How People Learn*". Author Ramírez Apud López acknowledges financial support for her PhD studies from the National Council for Science and Technology of Mexico (CONACyT) and *Universidad de las Américas Puebla*.

References

1. Jonassen, D. H., Strobel, J., and Lee, C. B. 2006. Everyday problem solving in engineering: Lessons for engineering educators. *Journal of Engineering Education*, 95(2): 1–14.
2. Jonassen, D. H. 2011. *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*. Routledge: New York.
3. Ramirez Apud, Z., Ramirez-Corona, N., López-Malo, A., Palou, E. 2012. Implementing Problem-solving Learning Environments in a Kinetics and Homogeneous Reactor Design Course. *Proceedings of the 2012 ASEE Annual Conference and Exposition*, San Antonio, TX, June 10 – 13.
4. Flavell, J. 1976. Metacognitive aspects of problem-solving. in *The nature of intelligence* (L. B. Resnick, ed.). Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ.
5. Flavell, J. 1979. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10): 906–911.
6. Schraw, G., and Dennison, R. S. 1994. Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19: 460-475.
7. Stewart, P. W., Cooper, S. S., and Moulding, L. R. 2007. Metacognitive development in professional educators. *The Researcher*, 21(1): 32-40.
8. Gassner, L. 2009. *Developing metacognitive awareness: a modified model of a PBL-tutorial*. Thesis for the Bachelor of Odontology in Oral Health. Malmö University. Sweden.
9. Jonassen, D. H. 2010. Assembling and Analyzing the Building Blocks of Problem-Based Learning Environments, in *Handbook of Improving Performance in the Workplace, Volume One: Instructional Design and Training Delivery* (K. H. Silber and W. R. Foshay, eds.), John Wiley & Sons: Hoboken, NJ.
10. Fogler, H. S. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 4th Ed. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ.
11. Levenspiel, O. 1984. *The Chemical Reactor Omnibook*, Oregon State University Bookstores: Corvallis, OR.
12. Tiscareño, L. F. 2008. *ABC para comprender reactores químicos con multireacción*. Reverté: México DF.
13. Bodman, S. W. 1968. *The Industrial Practice of Chemical Process Engineering*, MIT Press: Cambridge, MA.
14. Kokossis, A. C. and Floudas, C. A. 1990, Synthesis of Isothermal Reactor- Separator- Recycle Systems. *Chemical Engineering Science*, 46: 1361-1383.
15. Kincannon, J., Gleber, C., and Jaehyun, K. 1999. The effects of metacognitive training on performance and use of metacognitive skills in self-directed learning. Proceedings of Selected Research and Development Papers Presented at the National Convention of the Association for Educational Communications and Technology (AECT), Houston, TX, February 10-14.

APPENDIX A: Metacognitive Awareness Inventory (MAI)*

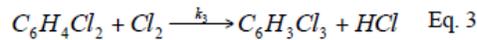
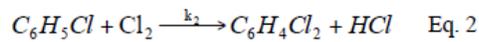
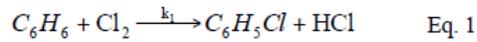
1. I ask myself periodically if I am meeting my goals. (M)
2. I consider several alternatives to a problem before I answer. (M)
3. I try to use strategies that have worked in the past. (PK)
4. I pace myself while learning in order to have enough time. (P)
5. I understand my intellectual strengths and weaknesses. (DK)
6. I think about what I really need to learn before I begin a task. (P)
7. I know how well I did once I finish a test. (E)
8. I set specific goals before I begin a task. (P)
9. I slow down when I encounter important information. (IMS)
10. I know what kind of information is most important to learn. (DK)
11. I ask myself if I have considered all options when solving a problem. (M)
12. I am good at organizing information. (DK)
13. I consciously focus my attention on important information. (IMS)
14. I have a specific purpose for each strategy I use. (PK)
15. I learn best when I know something about the topic. (CK)
16. I know what the teacher expects me to learn. (DK)
17. I am good at remembering information. (DK)
18. I use different learning strategies depending on the situation. (CK)
19. I ask myself if there was an easier way to do things after I finish a task. (E)
20. I have control over how well I learn. (DK)
21. I periodically review to help me understand important relationships. (M)
22. I ask myself questions about the material before I begin. (P)
23. I think of several ways to solve a problem and choose the best one. (P)
24. I summarize what I've learned after I finish. (E)
25. I ask others for help when I don't understand something. (DS)
26. I can motivate myself to learn when I need to. (CK)
27. I am aware of what strategies I use when I study. (PK)
28. I find myself analyzing the usefulness of strategies while I study. (M)
29. I use my intellectual strengths to compensate for my weaknesses. (CK)
30. I focus on the meaning and significance of new information. (IMS)
31. I create my own examples to make information more meaningful. (IMS)
32. I am a good judge of how well I understand something. (DK)
33. I find myself using helpful learning strategies automatically. (PK)
34. I find myself pausing regularly to check my comprehension. (M)
35. I know when each strategy I use will be most effective. (CK)
36. I ask myself how well I accomplish my goals once I'm finished. (E)
37. I draw pictures or diagrams to help me understand while learning. (IMS)
38. I ask myself if I have considered all options after I solve a problem. (E)
39. I try to translate new information into my own words. (IMS)
40. I change strategies when I fail to understand. (DS)
41. I use the organizational structure of the text to help me learn. (IMS)
42. I read instructions carefully before I begin a task. (P)
43. I ask myself if what I'm reading is related to what I already know. (IMS)
44. I reevaluate my assumptions when I get confused. (DS)
45. I organize my time to best accomplish my goals. (P)
46. I learn more when I am interested in the topic. (DK)
47. I try to break studying down into smaller steps. (IMS)
48. I focus on overall meaning rather than specifics. (IMS)
49. I ask myself questions about how well I am doing while I am learning something new. (M)
50. I ask myself if I learned as much as I could have once I finish a task. (E)
51. I stop and go back over new information that is not clear. (DS)
52. I stop and reread when I get confused. (DS)

Knowledge of cognition (KC): declarative knowledge (DK), procedural knowledge (PK), and conditional knowledge (CK). *Regulation of cognition (RC):* planning (P), information management strategies (IMS), monitoring (M), debugging strategies (DS), and evaluation (E).

* Schraw, G. and Dennison, R. S. 1994. Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19: 460-475.

APPENDIX B: FINAL PROJECT

Chlorobenzene is obtained at industrial scale from the reaction between liquid benzene and gaseous chlorine (for design purposes system can be modeled as liquid homogenous reaction), catalyzed at moderate conditions of pressure and temperature. The reactor yield (conversion and selectivity) depends on reactants feed ratio, due to further chlorination reactions can take place and other byproducts can be generated. The referred reactions are given as:



For this work, the third reaction can be neglected. Table A displays the kinetic parameters for the reaction rate expressions.

Table A. Kinetic parameters for reaction rate expressions (Bodman, 1968)¹³

Reaction	Reaction kinetic ($\text{kmol/s}\cdot\text{m}^3$)	Frequency factor A	Activation energy (BTU/lbmol)
$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{k_1} C_6H_5Cl + HCl$	$r_1 = A_1 C_{C_6H_6} C_{Cl_2} e^{-E/R T}$	5.9833×10^{12}	19600
$C_6H_5Cl + Cl_2 \xrightarrow{k_2} C_6H_4Cl_2 + HCl$	$r_2 = A_2 C_{C_6H_5Cl} C_{Cl_2} e^{-E/R T}$	3.6085×10^{20}	32600

Process contains a reaction section, followed by a separation train where the unreacted benzene is recovered and sent back to the first reactor. Kokossis y Floudas (1990)¹⁴ developed a synthesis problem to determine the optimal design for this process. They considered different structural alternatives for reaction and separation stages as well as different objective function (minimization of total cost, maximization of selectivity and reactor yield, maximization of profit, etc.). According to the original article, a recycle stream between reaction and separation sections is considered for all cases. Fresh benzene and a recycle benzene stream are fed to the first reactor, which operates in isothermal and isobaric fashion. The effluent from the first reactor is fed to the second reactor, which operates at the same conditions. The second reactor effluent is fed to a flash unit to remove all chlorine and hydrochloric acid; the liquid stream is then fed to the first distillation column, where the recycled benzene goes overhead, and a mixture of Chlorobenzene and Dichlorobenzene (bottoms product) are fed to the second column in which Chlorobenzene is recovered as a distillate product; Chlorine has to be fed as additional

stream in each reactor, unfortunately authors did not report those streams flowrates. Operating conditions of temperature and pressure are described as “moderate”, but no value was reported. We are planning to install a plant to produce Chlorobenzene; the class is the engineering group on charge. The chief engineer asked you to evaluate four of the optimal structures reported by Floudas and Kokossis (1990)¹⁴, to define the best option as well as proper operation conditions and preliminary costs.

Additional Data

Prices for reactants and products (USD): Chlorine \$19.88/kmol; Benzene \$27.98/kmol;
Monochlorobenzene \$92.67/kmol

Cost of capital investment (USD): reactor installed cost (\$) = $222.142 * D^{1.066} * H^{0.802}$

where the diameter (D) and length (H) are in ft.

Develop the proper mathematical model involving the mass and mole balances; the reaction rates expressions, the stoichiometric relationships, etc., to model system performance. Solve that model by using Excel and Polymath™ software, analyze different scenarios to define the effect of following variables on benzene conversion and its selectivity to the main product: feed reactants ratio and operating temperature.

Analyze the obtained results. In order to support your conclusions, analyze the behavior of every design variable (reactor volume, volumetric flow, residence time, spatial time, concentration of each component along the reactor, etc.). Based on such analysis propose a reactor design, justify the selected operation conditions.

Study cases (referred to the original source, Kokossis and Floudas, 1990¹⁴):

- Team 1: Student 1 and Student 2 (Case 1)
- Team 2: Student 3 and Student 4 (Case 4a)
- Team 3: Student 5 and Student 6 (Case 4b)
- Team 4: Student 7 and Student 8 (Case 4d)

References

- Bodman, S. W. 1968. *The Industrial Practice of Chemical Process Engineering*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Kokossis, A. C. and Floudas, C. A. 1990, Synthesis of Isothermal Reactor- Separator- Recycle Systems. *Chemical Engineering Science*, 46: 1361-1383.