

MEDICION DE LA SENSACIÓN DE CONFORT OPERATIVO A ESTUDIANTES  
DEL CURSO DE TRANSFERENCIA DE CALOR UTILIZANDO COMO  
MEDIADOR DIDÁCTICO UN SIMULADOR DE SOFTWARE PARA PROCESOS  
DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

SERGIO GREGORIO BERMÚDEZ ROJAS

DANE FIDELINA OSORIO OSORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN - ECE  
PROGRAMA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
SANTAFE DE BOGOTA, D.C  
2009

MEDICION DE LA SENSACIÓN DE CONFORT OPERATIVO A ESTUDIANTES  
DEL CURSO DE TRANSFERENCIA DE CALOR UTILIZANDO COMO  
MEDIADOR DIDÁCTICO UN SIMULADOR DE SOFTWARE PARA PROCESOS  
DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

SERGIO GREGORIO BERMÚDEZ ROJAS  
DANE FIDELINA OSORIO OSORIO

Proyecto para optar el título de especialista en aprendizaje autónomo

Director  
JAIRO ALEXANDER BAYONA SÁNCHEZ  
Ingeniero

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN - ECE  
PROGRAMA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
SANTAFE DE BOGOTA, D.C  
2009

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Barranquilla 7 de Diciembre de 2009

## DEDICATORIA

A la memoria de Neira L. Sierra  
Patiño.

Sergio.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero manifestar mi agradecimiento a mi compañero de proyecto al tutor Sergio Gregorio Bermúdez Rojas cuya colaboración fue fundamental en el desarrollo de este proyecto hecho realidad por él. Además, quiero dar las gracias a todas las personas y grupos de trabajo de la UNAD que me han apoyado en la realización de esta Especialización. Así como a la UNAD por todo el apoyo que nos brinda a los contratistas para realizar esta Especialización. También, quiero agradecer a mi esposo Jairo Antonio Quiroz Delgado, por su apoyo incondicional dándome la oportunidad de Especializarme en Pedagogía del aprendizaje Autónomo y en especial a mi hija Kelly Johanna Quiroz Osorio por su apoyo en sus conocimientos.

Dane.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo de grado expresan sus más sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional Abierta y A Distancia - UNAD, a sus tutores virtuales y tradicionales y demás personas que hicieron posible el transitar el camino para llegar a esta meta académica de postgrado.

A nuestros familiares por brindarnos todo el apoyo moral, espiritual con el fin de culminar satisfactoriamente este sueño tan importante en nuestras vidas.

Al grupo de personas administrativas que trabajan en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, CEAD Barranquilla.

Sergio y Dane

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
1. TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	14
1.1 LINEA DE INVESTIGACIÓN	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
3.OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.2 OBJETIVO ESPECIFICO	18
4. JUSTIFICACIÓN	19
5. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	21
5.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	21
5.1.1. Antecedentes de la modelación en ingeniería química	21
5.1.2. Antecedentes de la simulación dinámica de procesos	23
5.2. SIMULACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS	23
5.2.1. Simulación dinámica	26
5.2.2. Simuladores de procesos químicos	29
5.2.3. Simulación dinámica y estacionaria de reactores tipo tanque agitado	32
6. MARCO LEGAL	38
6.1 MARCO LEGAL DE LA ACTIVIDAD INVESTIGATIVA EN COLOMBIA	38

7. METODOLOGÍA	40
7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
7.1.1 Tipología	40
7.2 HIPOTESIS	40
7.2.1 Variables	40
7.2.1.1 Variables independientes	40
7.2.1.2 Variables dependientes	41
7.3 METODO Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	41
7.3.1 Recolección de datos	41
7.3.2 Estructura y diseño del instrumento	41
7.3.2 Método. Análisis estadístico	41
7.3.3 Técnica	41
7.4 ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	42
7.5 SELECCION DE LA MUESTRA	42
7.5.1 Sujeto de estudio	42
7.5.2 Población	42
7.5.3 Tipo de muestra	43
7.5.4 Tamaño de la muestra	43
7.5.5 Gráficas	43
7.6 DELIMITACIONES	43
7.6.1 Delimitación geográfica	43
7.6.2 Delimitación espacial	43
8. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	51
8.1 PRESUPUESTO	51

8.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	53
8.3 PRODUCTOS	54
8.4 IMPACTO DEL TRABAJO	56
9. CONCLUSIONES	57
10. BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXO ACOMPAÑANTE	60

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Número de egresados del CEAD	42
Cuadro 2. Cuadro de frecuencias	44
Cuadro 3. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación	51
Cuadro 3.1. Descripción de los gastos de personal	52
Cuadro 3.2 Descripción de los equipos que se planea adquirir	52
Cuadro 3.3 Descripción del software que se planea adquirir	52
Cuadro 3.4 Materiales y suministros	52
Cuadro 3.5 Bibliografía	53
Cuadro 3.6 Servicios Técnicos	53
Cuadro 3.7 Otros	53
Cuadro 4. Cronograma de actividades	54
Cuadro 5. Generación de nuevo conocimiento	55
Cuadro 6. Fortalecimiento de la comunidad científica	55
Cuadro 7. Apropiación social del conocimiento	55
Cuadro 8. Impactos esperados	55

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Gráfica 1. Ponderado de notas.	45
Gráfica 2. Material de estudio	45
Gráfica 3. Secuencia de actividades	46
Gráfica 4. Guías de operación del laboratorio virtual	46
Gráfica 5. Acceso al laboratorio desde la página	47
Gráfica 6. Problemas durante la simulación	48
Gráfica 7. Asistencia tutorial	48
Gráfica 8. Aspecto de la interfase gráfica	49
Gráfica 9. Sensación de la práctica	49

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	50

## INTRODUCCION

*“Las matemáticas seguramente no hubieran nacido si se hubiera sabido de antemano que no hay en la naturaleza ni línea exactamente recta, ni círculo verdadero, ni dimensión absoluta”.*

Federico Nietzsche.

El presente trabajo responde a las inquietudes expresadas por parte de estudiantes y tutores que son usuarios de la mediación virtual en cursos metodológicos que ofrece la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Se encuentra dividido en unidades las cuales son:

Unidad 1. Título del trabajo de investigación el cual indica el problema de investigación abordado y que está enmarcado dentro de las líneas de investigación de la ECBTI.

Unidad 2. La justificación del problema de investigación , en el cual se propone encontrar diferencias en habilidades procedimentales entre dos grupos de estudiantes que utilizaron un simulador de laboratorio virtual, disponible en el campus de la UNAD y otro grupo que utilizó prácticas de laboratorio tradicional.

Unidad 3. Muestra los objetivos general y específicos que se pretender alcanzar on el trabajo de investigación.

Unidad 4. Se muestra el planteamiento del problema que se presenta al interior de la mediación virtual.

Unidad 5. Se muestra la metodología utilizada.

Unidad 6. Se muestra el estado del arte en simuladores en la ingeniería química.

Unidad 7. Se muestran los aspectos administrativos del trabajo de investigación y el cronograma de actividades.

Unidad 8. Se dan las conclusiones y el impacto del trabajo al interior de la comunidad UNADISTA.

Al final se muestra la bibliografía consultada y los anexos correspondientes, como lo es el formato de la encuesta realizada a estudiantes.

**PALABRAS CLAVES:**

Internet, interactividad, aprendizaje autónomo, herramientas telemáticas, enseñanza a distancia, simuladores de software, laboratorio virtual.

## 1. TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

El siguiente es el título correspondiente al presente trabajo de investigación:

MEDICION DE LA SENSACIÓN DE CONFORT OPERATIVO A ESTUDIANTES DEL CURSO DE TRANSFERENCIA DE CALOR UTILIZANDO COMO MEDIADOR DIDÁCTICO UN SIMULADOR DE SOFTWARE PARA PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

### 1.1 LINEA DE INVESTIGACION

Las líneas de investigación de la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI en Ingeniería de Sistemas son:

- Ingeniería de software
- Telecomunicaciones y redes computacionales
- Teoría del conocimiento
- Informática teórica
- Matemática computacional
- Tecnologías emergentes
- Robótica y automatización industrial

Para el presente caso la línea es Ingeniería de software.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

La educación a distancia se presenta como la solución idónea para un conjunto de colectivos que exigen el disponer de sistemas de enseñanza mucho más flexibles, accesibles y adaptables. Destacan dos herramientas como las más adecuadas para ofrecer un nuevo enfoque en el modelo educativo de la educación a distancia: los sistemas hipermedia como forma de estructurar la información, y las redes de comunicación de área extendida como soporte de la información, es decir, la red Internet (Antsaklis, 1999).

Basado en Internet se pueden encontrar dos opciones diferentes para el desarrollo de laboratorios: los laboratorios virtuales y los laboratorios remotos. Un laboratorio virtual permite, el acceso a procesos simulados en un computador. Los laboratorios remotos por su parte ofrecen experimentos reales a usuarios remotos (Aliane et al., 2007; Johansson, 1998). Con base en estos conceptos, la UNAD mediante una empresa de software a desarrollado unos laboratorios virtuales en donde los estudiantes tienen acceso remoto a simulaciones y prácticas lo que permite profundizar el conocimiento adquirido en la tutoría.

Los tutores de ingeniería estén o no involucrado en estos cursos han observado dos situaciones con respecto a las actividades propuestas dentro del proceso semestral de curso que son:

- Quejas con respecto a las actividades propuestas y contra el material propio del curso, debido a errores tipográficos, de redacción o no consecución de las lecturas recomendadas.

- Incertidumbre en la operación de las plantas virtuales propuestas como prácticas de laboratorio, debido a la dificultad de conectividad, manuales mal redactados, pasos complicados introducir datos o visualizar los valores arrojados por la aplicación, la aplicación no ofrece ayuda en línea y no tiene conectividad a Internet para foros del grupo de estudio.

La segunda situación fue considerada la más delicada debido a que la primera puede manejarse fácilmente por parte del alumno, pues las lecturas pueden conseguirse, sea en Internet, otras universidades del municipio u otras personas, pero la aplicación ofrecida por la UNAD está en línea, no se puede reemplazar como sería el caso de un libro, no es fácil conseguir un experto, los datos arrojados deben estar de acuerdo con la rúbrica y lo mas sensible: el tutor de curso no está disponible todo el tiempo.

Por esta razón el grupo de trabajo decidió comparar a los estudiantes que han matriculado estos cursos y determinar mediante encuesta cualitativa si han adquirido o no las competencias necesarias para enfrentar en una situación real el manejo de equipos involucrados en un proceso industrial sin mayores tropiezos.

Cabe señalar que el problema no finaliza aquí, sino que socialmente involucra un actuar y una imagen del egresado, la cual debe transferir seguridad al empleador, si es el caso o seguridad al profesional empresario egresado.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

CONSTRUIR un documento final al interior de la especialización en aprendizaje autónomo, en el cual se muestren los procedimientos metodológicos necesarios para elaborar un proyecto de investigación, que sea útil y de aplicación a los intereses académicos y administrativos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

#### 3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- REALIZAR un levantamiento de información acerca de los simuladores contruidos con software para su utilización comercial en la industria o en la educación.
- ELABORAR las encuestas para la captura de datos a los estudiantes que han desarrollado el curso metodológico virtual, mediante una entrevista.
- MOSTRAR mediante gráficas si existen diferencias significativas en el confort operativo entre el grupo observado.
- IDENTIFICAR las necesidades de los usuarios del simulador (estudiantes y docentes).
- MOSTRAR los resultados de la investigación a la comunidad académica de la UNAD.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se basa en la necesidad de establecer si existen o no diferencias entre grupos de estudiantes activos o no, que estudian en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, CEAD Barranquilla, que toman uno o mas de un curso metodológico virtuales contra estudiantes que han tomado el mismo curso de forma tradicional.

La intención es establecer si se dan diferencias significativas entre los dos grupos tratados y así tener a mano una base para que las directivas de la universidad puedan tener una alerta temprana de los eventos prácticos realizados a través de un software de simulación de laboratorio disponible en el Campus virtual.

La importancia de trabajar este tema radica en la necesidad de establecer que ventajas o aspectos a mejoraren cuanto al aprendizaje sobre el tema señalado, a través de mediaciones virtuales de modelaje, contra las competencias esperadas, en un curso de 3 créditos, utilizando software de simulación en las prácticas de laboratorio, en oposición a la asistencia a un laboratorio presencial de transferencia de calor.

Cabe señalar que en nuestro entorno educativo, tradicional, las prácticas de curso de cualquier índole están vinculadas a un acto obligatoriamente presencial.

Este tema de investigación se da dentro de la especialización de aprendizaje autónomo ofrecido por la UNAD y se eligió de manera libre y natural al observar las dificultades presentadas por los estudiantes que matriculan estos cursos

virtuales en el CEAD Barranquilla, y se eligió escoger un curso de los tres que se ofrecen en el plan de estudios del ciclo profesional de la carrera de ingeniería de alimentos, elegido al azar, como lo es el curso de transferencia de calor.

## 5. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

### 5.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

5.1.1. Antecedentes de la modelación en ingeniería química. La modelación de equipos y fenómenos ha sido de suma importancia en la ingeniería química aún desde sus principios, aunque en algunos casos los modelos suelen ser complicados y por ello numerosos autores sostienen que en la ciencia es necesario apartarse de la complejidad del mundo real y en su lugar hay que colocar una situación más o menos idealizada que sea más sencilla para el análisis, después de esto puede refinarse el modelo tanto como se quiera. De esta manera, la modelación se constituye en una abstracción del mundo que asume la certidumbre de algunas suposiciones y con base en ellas obtiene un resultado simplificado que representa en mayor o menor medida al objeto de estudio<sup>5, 6</sup>.

La discusión inicial en cuanto a la modelación surgió cuando se crearon varias propuestas para explicar un mismo fenómeno porque había dos formas de estructurarlos: la rigurosa y la simple, que siempre estaban en oposición debido a que el rigor supone modelos matemáticos de complicada resolución.

Finalmente, se optó por acoger los modelos simples debido al gran avance generado por los trabajos de Prandtl en cuanto a la capa límite hidrodinámica

---

5 LEVENSPIEL, Octave. Modeling in chemical engineering. En: Chemical Engineering Science. Vol. 57 (2002); p. 4691

6 LUYBEN, W. L. Process modeling, simulation, and control for chemical engineers. 2nd Ed. Singapur: McGraw-Hill. 1990, 725 p.

(1904), basados en suposiciones lineales que permitían una resolución rápida sin emplear métodos matemáticos complejos. El trabajo de Prandtl permitió que, a través de analogías, Lewis formulara sus trabajos de capa límite térmica (1916) y que Whitman desarrollara el modelo de capa límite de concentración (1923).

Todos los trabajos siguientes en la materia se basaron en estas teorías e introdujeron en la ingeniería química un método común de modelación aceptado hasta este momento que consiste en emplear números adimensionales, coeficientes de transferencia, constantes, tipos de flujo y correlaciones empíricas que relacionan dichos términos, lo cual ha permitido diseñar intercambiadores de calor, columnas de absorción y torres empacadas, entre otros.

En cuanto a los reactores continuos existen dos modelos ideales: el de flujo tapón, empleado para el diseño de reactores PFR (Plug Flow Reactor) y el de flujo mezclado, empleado para diseñar reactores CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor). La necesidad de saber a qué tipo de flujo se acomodaba un reactor real tenía dos soluciones posibles: evaluar el campo de velocidades o construir una simple distribución de tiempos de residencia mediante un pulso de un trazador. En la actualidad se emplea este último método con excelentes resultados. Por otra parte, para la modelación de la cinética de las reacciones se empleó inicialmente el método LHHW (Langmuir, Hinshelwood, Hougen y Watson) que era extremadamente complicado aún para reacciones elementales y que contaba con numerosos parámetros, por lo cual fue desarrollado el CRE (Chemical Reaction Engineering), método aceptado actualmente, que es más sencillo y general y solo precisa una constante cinética para las reacciones elementales<sup>7</sup>.

5.1.2. Antecedentes de la simulación dinámica de procesos. Los primeros estudios en simulación dinámica se realizaron a mediados del siglo XX empleando computadores análogos; los procesos simulados en aquella época iban desde destilación por lotes y reactores químicos hasta corrientes de alimentación en intercambiadores de calor. La programación y configuración de los computadores análogos eran labores que demandaban numerosas horas de trabajo y adicionalmente estos equipos demandaban un constante mantenimiento. Las limitaciones computacionales que presentaban los computadores análogos redujo la cantidad de ecuaciones diferenciales que podían resolverse, por ejemplo para la simulación de columnas de destilación, que pueden poseer más de 100 ecuaciones diferenciales ordinarias, se requerían centros de cómputo de gran tamaño, porque en estos equipos para lograr duplicar la capacidad de procesamiento es necesario duplicar su tamaño, y por tanto el costo de la simulación era desmedido; a pesar de esto la mayoría de las empresas petroquímicas de la época invirtieron grandes sumas de dinero en equipos y personal especializado para realizar simulaciones dinámicas de procesos, puesto que las ganancias debido a las mejoras en diseño y control justificaban los altos costos de la inversión<sup>8</sup>.

## 5.2. SIMULACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS

A partir de 1965 con la llegada de los computadores digitales se eliminaron las limitantes debidas al tamaño de los computadores, se simplificó la programación,

---

7 LEVENSPIEL, Op. Cit., p. 4691- 4696

8 LUYBEN, W. Plantwide dynamic simulators in chemical processing and control. Nueva York: Marcel Dekker, 2002. p. 3, 4

se posibilitó la simulación de sistemas con miles de ecuaciones de todo tipo y se desarrollaron nuevos métodos numéricos capaces de resolver satisfactoriamente las ecuaciones algebraico-diferenciales planteadas en los modelos. A pesar de las notorias mejoras en varios aspectos, continuó existiendo un gran limitante para realizar simulaciones de procesos: la velocidad de cómputo.

Entre 1970 y 1990 comenzaron a surgir simuladores de procesos comerciales que podían describir el comportamiento de procesos químicos en estado estacionario, y a finales del siglo XX la velocidad de procesamiento de los computadores y su amplia difusión en el mercado permitió el desarrollo de simuladores dinámicos comerciales que en la actualidad incluyen gran cantidad de las operaciones unitarias más importantes en ingeniería química y el número de unidades que permiten simular dinámicamente se incrementa cada año. La simulación dinámica es, debido a todo lo anterior, un área que se encuentra en un cambio continuo y rápido de forma que cada nueva versión de los programas de simulación incluye adiciones y mejoras respecto a la edición anterior.

La facilidad de emular el comportamiento dinámico de un sistema gracias a las herramientas computacionales con las que se cuenta hoy en día permite que el enfoque tradicional en ingeniería química, en la cual se enfatiza especialmente en el estado estacionario, se amplíe al estado transitorio, abarcando la dinámica de los procesos, lo cual es más conveniente puesto que a partir de este estado se obtiene el estacionario como un caso particular<sup>9,10,11</sup>.

---

9 LUYBEN, Plantwide dynamic simulators in chemical processing and control, Op. Cit., p. 3, 4

10 DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO Planeta. Barcelona: Planeta, 1984. p. 3554, 3555

11 INGHAM et al. Chemical engineering dynamics. 2nd Ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2000. 646p.

Elaborar estos modelos se puede partir de las leyes fundamentales para hallar un sistema de ecuaciones que describa el comportamiento del sistema o emplear una aproximación lineal del sistema que lo describa en las cercanías de los puntos normales de operación. Los primeros pueden ser difíciles de desarrollar si no se entiende a la perfección el proceso que se quiere modelar, adicionalmente el modelo resultante puede llegar a ser altamente complejo y puede tener varios parámetros cuyo valor se desconoce. Los segundos, en cambio, pueden ser desarrollados fácilmente, aunque su descripción del sistema puede ser insuficiente para los objetivos de diseño o de control buscados. Para corregir estas deficiencias se emplea el método de modelación local, que puede proporcionar un modelo simple del sistema y representar adecuadamente el complejo comportamiento del sistema real<sup>12</sup>.

Para simular operaciones unitarias se utilizaron inicialmente modelos macroscópicos que solo relacionaban las condiciones de operación del equipo, los cuales tenían la enorme dificultad de no brindar ninguna información de sus dimensiones físicas, por lo cual sirven en la actualidad únicamente para el diseño conceptual. Los modelos de parámetro distribuido o de gradiente múltiple se basan en leyes de conservación y emplean balances de materia y energía en volúmenes de control diferenciales dentro del equipo. Los balances son ecuaciones diferenciales parciales que involucran las dimensiones físicas de las unidades de proceso en forma de límites de integración y por ello este tipo de

---

12 GATZKE E. P. y DOYLE F.J. III. Multiple model approach for CSTR control. 14th IFAC World Congress. Beijing: Vol. 7; p. 343-348

modelos se emplea para el diseño detallado de equipos. Un caso particular de los modelos de parámetro distribuido son los de gradiente máximo en los cuales solo hay una dimensión diferencial que corresponde a la dirección del flujo. Este tipo de modelos sirve para diseñar PFR, intercambiadores de calor de tubos concéntricos y equipos para la transferencia de masa de contacto continuo, como las torres de pared húmeda<sup>13</sup>.

5.2.1. Simulación dinámica. La simulación en estado estacionario ha sido útil para el diseño y la evaluación de equipos de proceso e incluso plantas completas y en ocasiones se extiende su aplicación a condiciones de operación que pueden estar cambiando en el tiempo, como en leyes de control de sistemas feedforward. Sin embargo esta extensión no es posible cuando se tratan procesos por lotes o semilotes porque la variación temporal de las condiciones de operación hace necesaria la simulación dinámica. Este tipo de simulación fue evadida durante largo tiempo porque era percibida como una herramienta difícil de emplear que requería de equipos de alta tecnología para realizarla y resultaba difícil justificar económicamente su utilización. Sin embargo, las nuevas generaciones de simuladores dinámicos para computadores personales han puesto en las manos de los ingenieros químicos una herramienta fácil de configurar que es rápida y confiable, aunque en ocasiones sus licencias tienen un elevado costo.

Una de las ventajas que posee la realización de una simulación dinámica es que

---

13 HENAO, C. A. y VELÁSQUEZ, J. A. Simulación de procesos químicos empleando MS Excel® (III) – Simulación de reactores. En revisión.

puede servir para implantar y evaluar estrategias de control de procesos. Por este motivo las primeras empresas en incorporar la simulación dinámica como una herramienta cotidiana fueron las industrias de gas y petróleo, en las cuales controlar y mantener el proceso productivo dentro de pequeños rangos asegura un flujo continuo de producto deseado. Además, su aplicación se ha ido expandiendo a industrias farmacéuticas e industrias donde se elaboran productos químicos, donde normalmente se encuentran sistemas reactivos altamente exotérmicos en procesos por lotes, dado que en estos sistemas el comportamiento térmico tiene una fuerte influencia en la selectividad de la reacción deseada y en la seguridad del proceso<sup>14</sup>.

La modelación dinámica de cualquier operación unitaria que emplee fluidos por lo general genera el mismo tipo de ecuaciones: los balances de materia y energía, algunas relaciones adicionales del proceso, obtenidas a partir de relaciones termodinámicas, y unas restricciones dependiendo de la seguridad del proceso o de los requerimientos en las corrientes de producto, lo cual da como resultado un sistema de ecuaciones algebraico-diferenciales. Al integrar estas ecuaciones a un proceso completo la dimensión del sistema de ecuaciones se incrementa aunque no el tipo de ecuaciones, debido a que todas ellas provienen de los mismos balances.

La simulación dinámica de procesos tiene su aplicación principal en el análisis del

---

14 FELIU, Josep A. et al. Match your process constraints using dynamic simulation. En: Chemical Engineering Progress. Vol. 99, No. 12 (Dic. 2003); p. 42-48

comportamiento de procesos transitorios. Aunque la mayoría de procesos continuos en ingeniería química se diseñan para operar en estado estable, existen en la práctica distintos eventos que llevan a un proceso dado al estado transitorio pues es posible que ocurran alteraciones inesperadas que afecten las entradas del proceso o las condiciones de operación. Es común también que los cambios sean premeditados u obligatorios como el encendido o el apagado del equipo o de la planta. Para iniciar y detener de forma apropiada un proceso, múltiples entradas deben ser ajustadas en una secuencia adecuada y para entender la respuesta del proceso a estos cambios es necesario realizar una simulación dinámica.

La simulación permite observar el comportamiento de equipos bajo condiciones que podrían ser peligrosas o que se cree podrían serlo, así permite reconocer la mejor forma de evitar o solucionar potenciales situaciones de riesgo, verificar rangos y condiciones de operación de los que se dudaba (por provenir quizás de normas heurísticas) y además permite ajustar puntos de control más cercanos a los límites reales del proceso<sup>15</sup>.

El acceso a las simulaciones se debe ampliar a otros profesionales aparte de los ingenieros químicos, como ingenieros de mantenimiento, ingenieros mecánicos e ingenieros de control, de manera que estén capacitados para calibrar, ajustar puntos de control y observar las posibles fallas y mejoras o modificaciones al sistema de control del proceso.

Con el avance de las herramientas computacionales los simuladores se han vuelto

---

15 KULIKOV, Viatcheslav et al. Modular dynamic simulation of integrated particulate process by means of tool integration. En: Chemical Engineering Science. Vol. 60, No. 7 (2005); p. 2069-2083

más robustos y confiables y han permitido que el tiempo para probar un prototipo se realice ahora en corto tiempo. Además de lo anterior, el esfuerzo y el costo necesarios para probar e implementar nuevas ideas han dejado de ser un obstáculo, puesto que es posible emplear los simuladores en etapas de diseño y escalado para establecer la viabilidad de algún sistema y, de ser posible, optimizarlo<sup>16</sup>.

5.2.2. Simuladores de procesos químicos. Los simuladores de procesos se han vuelto herramientas básicas en los programas universitarios de ingeniería química a nivel mundial. Los proyectos de grado relacionados con diseño de plantas y equipos por lo general involucran la utilización de un simulador comercial o de un simulador académico, tales como: ASPENPLUS®, ChemCAD®, ChemShare®, FLOWTRAN®, HYSYS® y Proll®; además los textos de diseño de procesos normalmente incluyen ejercicios preparados para ejecutarse en uno o varios simuladores en particular.

En el pasado la simulación de procesos era vista como una herramienta que debía ser enseñada y puesta en práctica solo en los últimos años de universidad. En la actualidad se plantea la idea de que los simuladores deben convertirse en una ayuda pedagógica desde los primeros años de la educación profesional en ingeniería química, permitiendo que los estudiantes aprendan la teoría no únicamente de forma inductiva, sino también de forma deductiva, al experimentar con el simulador. Por esta razón, mientras en los cursos de diseño de procesos se

---

16 MANSY, M. M.; McMILLAN, G. K. y SOWELL III, M. S. Step into the virtual plant. En: Chemical Engineering Progress. Vol. 98, No. 2, (Feb. 2002); p. 56-61

aprovechan verdaderamente las ventajas computacionales con que se cuenta hoy en día, utilizando simuladores de procesos, en la mayoría de los cursos aún se usan métodos empleados hace más de 60 años basados en algoritmos y normas heurísticas.

Un estudio realizado en EE.UU. en 2001 entre profesores de ingeniería química e ingenieros químicos concluyó que una de las mejores formas de integrar la simulación de procesos en el programa de estudios consiste en la incorporación de mini módulos de software, que permitan analizar de forma independiente diferentes operaciones que no requieran una excesiva habilidad para manipularlos ni un extenso adiestramiento especial para utilizarlos<sup>17</sup>.

En este punto se ve la necesidad de desarrollar una herramienta que pueda dividirse en pequeños módulos de enseñanza de un área específica y así mismo que constituya una parte de un simulador de procesos completo que opere bajo un programa de bajo costo. De acuerdo con Chemical Engineering Education existen numerosas empresas pequeñas que usan macros de Excel desarrollados por sus empleados para resolver problemas que se pueden solucionar mediante el uso de simuladores comerciales, a los cuales no pueden acceder por los altos costos de las licencias de estos últimos. Por otra parte, algunas universidades están abandonando los cursos de programación tradicionales en lenguajes de bajo nivel y se están enfocando en la enseñanza de herramientas como simuladores, hojas de cálculo y programas para resolver ecuaciones, porque cada vez consideran

---

17 DAHM, K. D; HESKET, R. P. y SAVELSKY M. J. Is process simulation used effectively in Che courses? En: Chemical Engineering Education. Vol. 36, No. 3 (Sum. 2002); p. 192-198

menos importante saber programar y más importante saber configurar y emplear los paquetes de software existentes.

Lo primero con que se encuentra un nuevo usuario de un simulador de procesos es que la elección de un modelo termodinámico incorrecto producirá resultados que no tendrán ningún valor como simulación de un proceso real, sin importar la convergencia de la simulación. Infortunadamente existen tantos modelos termodinámicos disponibles que es prácticamente imposible adiestrar al usuario promedio en un amplio manejo de cada uno de ellos, y como no se puede depender de ninguno de ellos como un método general, válido en cualquier situación, existen algunos criterios de decisión acerca de cuál es el modelo más apropiado para el caso en cuestión.

Entre los modelos disponibles en ingeniería química para simular reactores se encuentran el del CSTR que es un modelo algebraico estándar que ha estado en los paquetes de simulación desde hace varios años y el modelo del PFR que se ha empezado a incluir recientemente, el cual resulta de dividir el volumen del reactor en pequeños segmentos y el procedimiento consiste en encontrar una solución secuencial para cada elemento del volumen. En este modelo no solo se incluyen los balances de energía, sino que también se calcula por defecto la caída de presión en el reactor<sup>18</sup>.

Los usuarios de los simuladores de procesos buscan en ellos las siguientes características<sup>19</sup>:

---

18 Ibid, p.192-198

19 KULIKOV et al, Op. Cit., p. 2069-2083

- Una interfaz que le permita comunicarse con el simulador.
- Un lenguaje de modelación que represente al sistema en todos sus detalles.
- Un algoritmo que permita solucionar de forma satisfactoria los modelos que se planteen
- La posibilidad de especificar la precisión deseada.
- Otros factores que los usuarios tienen en cuenta al momento de decidirse por una herramienta de simulación en particular son: interfaz interactiva y fácil de usar y la presencia de una base de datos con sustancias.

5.2.3. Simulación dinámica y estacionaria de reactores tipo tanque agitado. Es posible encontrar en la literatura una gran cantidad de simulaciones hechas con reactores tipo tanque agitado, aunque dichas simulaciones se centran únicamente en casos particulares seleccionados por los autores y pocas veces se reportan trabajos originales sobre simuladores que lleven a cabo cualquier simulación en general<sup>20,21,22</sup>.

Los simuladores se basan en la solución de modelos para el transporte de masa y energía, aunque avances recientes incluyen distribuciones de tiempos de residencia para reactores continuos. Los sistemas de ecuaciones algebraicas y

---

20 DÍAZ DE LOS RÍOS, Manuel. Simulación dinámica de reactores tipo tanque agitado. En: Ingeniería Química (Nov. 1998); p. 97-103

21 RASHID, M. y BOGLE, I.D.L. Dynamic operabilitiy analysis and simulation of a CSTR with exothermic reaction. En: Computers & Chemical Engineering. Vol. 13, No. 3 (1989); p. 327-329

22 KOWAR, Thomas R. y PAGONE, Franco M. REACTR: An industrial chemical reactor dynamic simulation computer program. En: Organic Process Research & Development. Vol. 5, No. 4 (2001); p. 393-407

diferenciales ordinarias que surgen son resueltos mediante métodos numéricos; por ejemplo, el simulador ModelMaker de la empresa Cherwell Scientific Publising Ltd emplea un método de Runge Kutta de paso variable como opción predeterminada y la construcción del modelo se hace con diagramas de bloques en los cuales se diferencian los diversos tipos de variables y ecuaciones y las relaciones entre ellas, según sean diferenciales o algebraicas. Este simulador separa, además, las variables en condicionales e incondicionales, las últimas se calculan en todo momento, mientras que las primeras aparecen o desaparecen del modelo a partir de cierto momento permitiendo que el reactor simulado pase de continuo a semicontinuo y de allí a discontinuo.

Éste y otros simuladores son especialmente útiles para realizar análisis de sensibilidad paramétrica, con los cuales se conocen los valores de las variables por debajo o por encima de los cuales resulta imposible garantizar la operación estable del reactor<sup>23</sup>. Por ejemplo, el simulador SPEEDUP, creado por Perkins y Sargent en 1982, fue empleado por Rashid y Bogle para simular una reacción de isomerización irreversible, de primer orden, exotérmica, en fase líquida. Ellos supusieron densidad y capacidades caloríficas constantes, convirtieron la concentración y la temperatura en variables adimensionales y alinearon el sistema resultante en cercanías de los puntos de control y mediante la variación de parámetros como la temperatura en el interior del reactor, el flujo de agua de enfriamiento, el flujo de alimentación y el coeficiente de transferencia de calor, concluyeron que para efectos prácticos, si bien es cierto que entre mayor sea la 23

---

DÍAZ DE LOS RÍOS, Op. Cit., p. 102

temperatura, mayor es la conversión, es recomendable operar el reactor en condiciones inferiores a las óptimas con el fin de facilitar las labores de control, dado que las condiciones extremas dificultan el ajuste de las variables controladas a sus puntos normales de operación por medio de las variables manipuladas<sup>24</sup>.

Además de la determinación de límites de seguridad, los simuladores también pueden brindar los valores óptimos de las variables de proceso dentro del reactor, en la alimentación, la corriente de salida y en el sistema de enfriamiento que conllevan a la obtención de un efecto deseado, el cual es, generalmente, maximizar la conversión de un reactivo o maximizar la selectividad de una reacción<sup>25</sup>.

Un trabajo importante en materia de simulación de reactores tipo tanque agitado lo constituye el trabajo de Kowar y Pagone para la compañía Pharmacia Corporation, quienes crearon el simulador REACTR que simula un reactor cilíndrico con un agitador y una chaqueta que puede emplearse para calentar o enfriar el sistema. Sus suposiciones básicas consisten en asumir constantes las capacidades caloríficas, la densidad, los calores de reacción y el coeficiente global de transferencia de calor y despreciar la energía consumida por el agitador. El usuario debe especificar el diámetro del tanque para que el programa ajuste la altura según el volumen obtenido de la simulación. El reactor tiene equipado un condensador para recircular el solvente a una temperatura definida por el usuario y un tanque que contiene los reactivos y los dosifica al reactor de acuerdo con un

---

24 RASHID y BOGLE, Op. Cit., p. 327-329

25 DÍAZ DE LOS RÍOS, Op. Cit., p. 102

flujo especificado. Según los valores dados a las corrientes de materia y energía, el reactor puede operar en batch, semibatch o en continuo y ser adiabático, isotérmico o no isotérmico. Una de las mayores limitaciones del simulador tiene que ver con la cinética de las reacciones, puesto que solo está permitido hacer simulaciones de reacciones irreversibles de isomerización de primer orden (una sola reacción o varias reacciones consecutivas) o adiciones de segundo orden, únicamente con coeficientes unitarios, aunque es destacable el hecho de que el programa cuenta con una opción que permite determinar múltiples estados estacionarios y oscilaciones y otra opción con la que es posible simular diluciones y realizar curvas de enfriamiento sin reacción química. Para realizar la simulación en REACTR se deben ingresar al menos 25 datos, divididos según sean cinéticos, de alimentación o de retención dentro del reactor, del sistema de enfriamiento, del condensador colocado a la salida del reactor o si son propiedades físicas del solvente.

Los autores reportan que el simulador no tiene tiempos de cómputo superiores a 1 minuto y que debido a la división del intervalo de solución en elementos diferenciales de tiempo, a medida que el tamaño de dichos elementos se aproxima a cero, los resultados de la simulación se aproximan a los obtenidos mediante la resolución simultánea de las ecuaciones diferenciales de los balances. La validación del programa desarrollado por estos autores se basó en la comparación con 18 problemas extraídos de la literatura, los cuales fueron resueltos con discrepancias inferiores a 2°C en la temperatura y 0.15M en la concentración. REACTR entrega un reporte de la simulación y cuenta con la opción de exportar los datos entregados a MS Excel® en donde es posible graficarlos, lo cual es

ventajoso porque este programa es de bajo costo, de fácil manejo y tiene una enorme difusión en el mercado, tanto así que en la literatura ya se cuenta con numerosos trabajos que han desarrollado complementos que resuelven sistemas de ecuaciones o calculan propiedades termodinámicas empleando esta hoja de cálculo electrónica<sup>26,27</sup>.

Para desarrollar una herramienta de simulación de reactores bajo MS Excel® es necesario incluir dentro del código del programa modelos para el cálculo de propiedades termodinámicas de soluciones multicomponentes, ecuaciones para calcular la cinética de la reacción, la estequiometría de las reacciones, los balances de materia y energía en el reactor y un algoritmo de solución para los sistemas de ecuaciones resultantes.

En materia de simulación en estado estacionario, cabe resaltar los trabajos de Henao y Velásquez empleando MS Excel®. Su modelo basado en grados de libertad determinó que para llegar a la especificación completa de un CSTR con una chaqueta de enfriamiento es necesario especificar un total de variables igual a dos veces el número de componentes más 9. Los datos de entrada recomendados fueron la corriente de alimentación, la de entrada del fluido térmico, el volumen del reactor o la conversión, la caída de presión debido al flujo a través del reactor o la presión a la salida y la caída de presión del fluido térmico o también la presión del fluido térmico a la salida, el área de transferencia de calor y el coeficiente global de

---

26 HENAO y VELÁSQUEZ, Simulación de procesos químicos empleando MS Excel® (III) – Simulación de reactores, Op. Cit., En revisión

27 KOWAR y PAGONE, Op. Cit., p. 406

transferencia de calor (U); suponiendo estado estacionario, medio perfectamente perfectamente mezclado y una sola fase en las corrientes y dentro del reactor El modelo termodinámico aplicado para el cálculo de las propiedades fue la ecuación de estado de Patel-Teja-Valderrama empleando reglas de mezcla de Panagiotopoulos-Reid, que se incorporan en MS Excel® a través del complemento PTVPR desarrollado por los mismos investigadores. Además, para la solución de las ecuaciones se recurrió al complemento Homosolver, creado por los mismos autores, que utiliza la homotopía para la solución de sistemas lineales o no lineales. Los resultados fueron comparados con el simulador comercial HYSYS®, obteniéndose enormes coincidencias en los perfiles de flujo de los componentes, con ligeras diferencias debido a que el PTVPR calcula las capacidades caloríficas con el modelo de Bureš y HYSYS® lo hace con un modelo polinómico<sup>28</sup>.

---

28 HENAO y VELÁSQUEZ, Simulación de procesos químicos empleando MS Excel® (III) – Simulación de reactores, Op. Cit. En revisión

## 6. MARCO LEGAL

### 6.1 MARCO LEGAL DE LA ACTIVIDAD INVESTIGATIVA EN COLOMBIA

La Ciencia y la Tecnología, como cualquier otra actividad del quehacer diario de nuestra nación posee una reglamentación, esta reglamentación se elaboró en cumplimiento de un mandato constitucional contenido en el artículo 71 de nuestra carta magna. A continuación describiremos cada una de las leyes y decretos que rigen la actividad de Ciencia y Tecnología de nuestro país y los acuerdos que reglamentan esta actividad al interior de nuestro alma mater:

- Artículo 71 de la Constitución Política Colombiana

“La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general, a la cultura. El Estado creará incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia y la tecnología y las demás manifestaciones culturales y ofrecerá estímulos especiales a personas e instituciones que ejerzan estas actividades.”

Este artículo de nuestra Constitución faculta al Estado para establecer planes que apoyen el desarrollo científico y tecnológico, además de la creación de estímulos para aquellas instituciones e individuos que se dediquen a esta importante actividad.

- Ley 29 de febrero de 1990

En nuestro país la Ley 29 de febrero de 1990 le otorga al estado Colombiano la responsabilidad de promover y orientar el adelanto científico y tecnológico y lo obliga a incorporar la Ciencia y la Tecnología a los planes y programas de desarrollo económico y social del país y a formular planes de Ciencia y Tecnología tanto para el mediano como para el largo plazo. Además, establece los mecanismos de relación entre sus actividades de desarrollo científico y tecnológico y las que adelantan las universidades, la comunidad científica y el sector privado. Esta misma Ley le ordena al Ministerio de Hacienda, incluir en el presupuesto nacional las sumas necesarias para desarrollar la actividad científica en Colombia, además faculta a Colciencias para brindar exenciones y descuentos tributarios a aquellas entidades que adelanten actividades de C&T.

- Decreto 393 del 26 febrero de 1991

Por medio de este Decreto, el gobierno nacional reglamenta la asociación para las actividades científicas y tecnológicas, los proyectos de investigación y la creación de tecnologías además autoriza a la nación y a las entidades descentralizadas para crear y organizar con los particulares sociedades civiles y comerciales y personas jurídicas sin ánimo de lucro como corporaciones y fundaciones, con el objeto de adelantar las actividades científicas y tecnológicas, los proyectos de investigación y la creación de tecnologías.

- Resolución 00285 del 19 de marzo de 2004

Por medio de la cual se establecen los criterios para la asignación de puntajes por productividad académica en producción de software, para los docentes de entidades públicas o estatales.

Facultad que le otorga el Decreto 1279 del 19 de junio de 2002 a Colciencias.

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

7.1.1 Tipología. Descriptivo – Retrospectivo. Será descriptivo, en la medida que se medirán las variables de estudio; y será retrospectivo, porque se trabajarán con hechos que se dieron en la realidad. Además con los datos recolectados se pretende determinar si existe diferencia entre el grupo de estudiantes observado.

### 7.1.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño no experimental, transversal descriptivo. Se efectuará la revisión de las calificaciones que consignent una nota mayor o igual a 3.0, con una sola observación en el tiempo, para la aplicación de la encuesta en forma independiente.

### 7.2 HIPOTESIS

Entre el grupo de estudiantes observado no hay diferencia significativa en cuanto al confort en la operación del software de simulación, de los equipos simulados en las plantas virtuales propuestas por la UNAD.

7.2.1 Variables. Las siguientes son las variables que se observan:

7.2.1.1 Variables independientes. Edad, cultura, situación especial, lugar donde realiza conectividad, modelo del computador utilizado.

7.2.1.2 Variables dependientes. Tutor, material bibliográfico recomendado, conectividad, presaberes, estudio del material de curso, manejo de las herramientas telemáticas, comprensión de los manuales de la aplicación.

### 7.3 METODO Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

7.3.1 Recolección de datos. La recolección de información se hace con el fin de poseer el mayor número de datos posibles que permitan responder a los objetivos específicos que se propuso inicialmente en la investigación. Si no tiene claro los objetivos específicos no puede recoger datos, y no se puede diseñar las herramientas. Para la recolección de datos en el CEAD de Barranquilla se tiene:

- Entrevistas en profundidad
- Calificaciones
- Grupos de discusión
- Historias de vida
- Portafolio
- Exploración documental
- Observaciones espontáneas
- Dibujos

7.3.2 Método. Análisis estadístico

7.3.3 Técnica. Al trabajar con datos cuantitativos, se utilizan las siguientes herramientas estadísticas:

- Análisis de frecuencia relativa en porcentaje (%).
- Medida de tendencia central. Se utilizan la media, mediana y la moda

- Medida de variación. Se utiliza como prueba el análisis de varianza

#### 7.4 ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Se aplica métodos, instrumentos y procedimiento de acuerdo a lo siguiente:

- Revisión de los datos obtenidos en la encuesta
- Tabulación
- Presentación gráfica
- Análisis e interpretación de los datos obtenidos

#### 7.5 SELECCION DE LA MUESTRA

7.5.1 Sujeto de estudio. Estudiantes que han cursado el curso transferencia de calor en sistema virtual y sistema tradicional en la UNAD.

7.5.2 Población. Estudiantes que han cursado el curso transferencia de calor durante los cuatro últimos semestres en la UNAD, CEAD Barranquilla. Véase cuadro 1.

Cuadro 1. Número de egresados del CEAD.

AÑO	NUMERO DE INGENIEROS GRADUADOS
2006	2
2007	10
2008	12
2009*	8

Fuente: Registro y control  
Tecnólogos que ya han visto el curso.

7.5.3 Tamaño de la muestra. De una población de 32 estudiantes que han cursado el curso se extrae, se escogen 25 estudiantes, los cuales 18 tiene el grado de ingeniero de alimentos y 7 que cursan a la fecha el curso transferencia de calor durante el período 2006 – 2009. Esta selección se efectúa por búsqueda, contacto e invitación de los egresados y estudiantes a la fecha. Los 7 restantes no responde la encuesta.

7.5.4 Tipo de muestreo. Muestreo simple de datos, pues la población pequeña, como se observa, es homogénea: todos tienen la misma posibilidad de ser elegidas.

7.5.4 Tratamiento. Véase cuadro 2 para la frecuencia observada.

7.5.5 Gráficas. Véase figuras para gráficas.

## 7.6 DELIMITACIONES

7.6.1 Delimitación geográfica. Municipio de Barranquilla, CEAD de Barranquilla

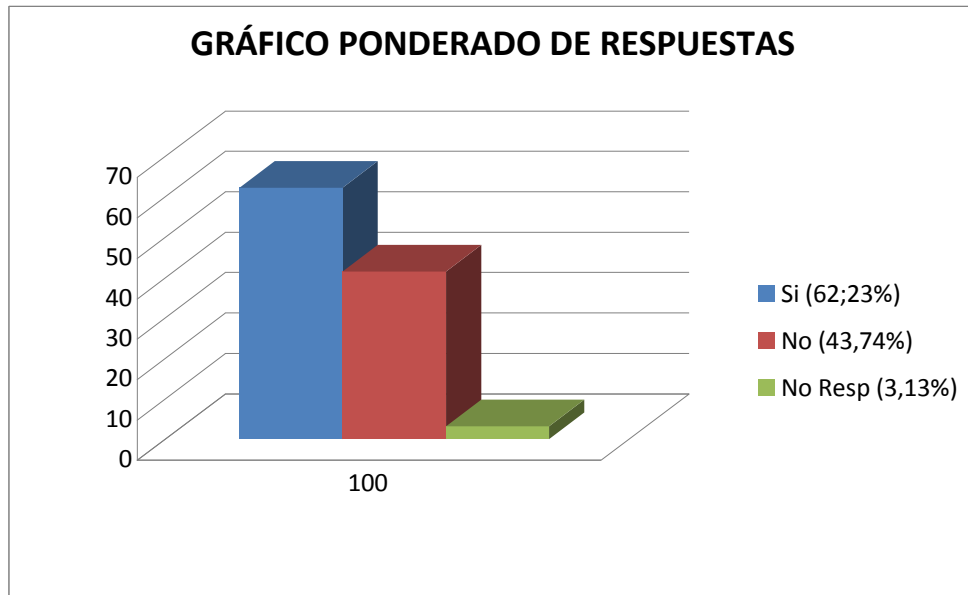
7.6.2 Delimitación espacial. Un semestre académico correspondiente a 16 semanas académicas, II de 2009.

Cuadro 2. Cuadro de frecuencias.

No. de Pregunta	RESPUESTAS		PORCENTAJE (%)		No Resp
	Si	No	Si	No	
1	20	12	62.50	37.50	-
2	21	11	65.63	34.37	-
3	17	15	53.12	46.88	-
4	21	10	65.63	31.25	3.12
5	25	0	78.12	0	21.88
6	15	17	46.88	53.12	-
7	19	13	59.38	40.62	-
8	18	14	56.25	43.75	-
9	16	16	50	50	-
10	15	16	46.88	50	3.12
10A	13	18	40.62	56.25	3,13
11	18	14	56.25	43.75	-
12	17	14	53.12	43.75	3.13
12A	18	13	56.25	40.62	3.13
13	18	13	56.25	40,62	3.13
14	20	11	62.50	34.37	3.13
15	13	18	40.62	56.25	3.13
16	14	15	43.75	46.88	9.37
17	14	17	43.75	53.12	3.13
18	14	17	43.75	53.12	3.13
19	16	15	50	46.88	3.12
20	17	15	53.12	46.88	-
21	15	16	46.88	50	3.12
22	3.0		100	0.0	
23	3.0		100	0.0	
<b>Total</b>			<b>62,228</b>	<b>41,439</b>	<b>3,122</b>

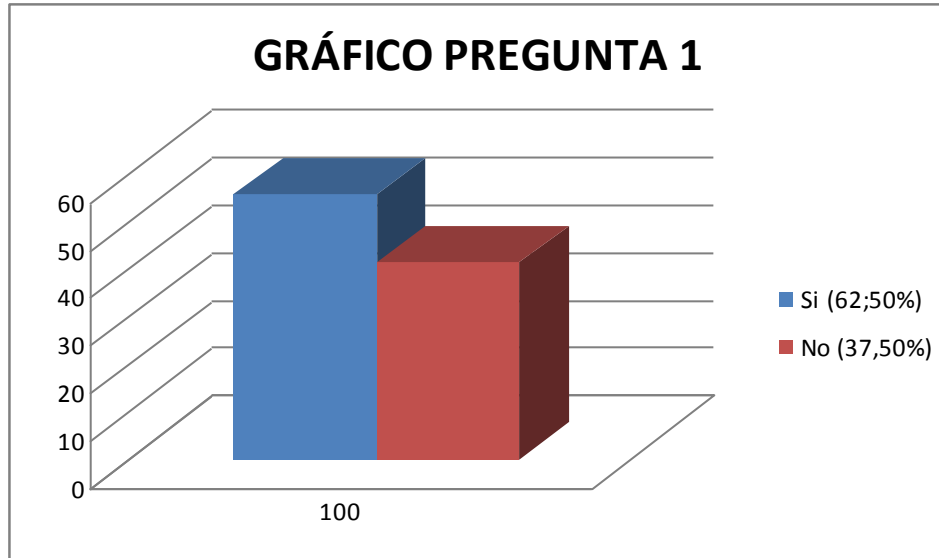
Fuente: Autores

Gráfica 1. Ponderado de notas.



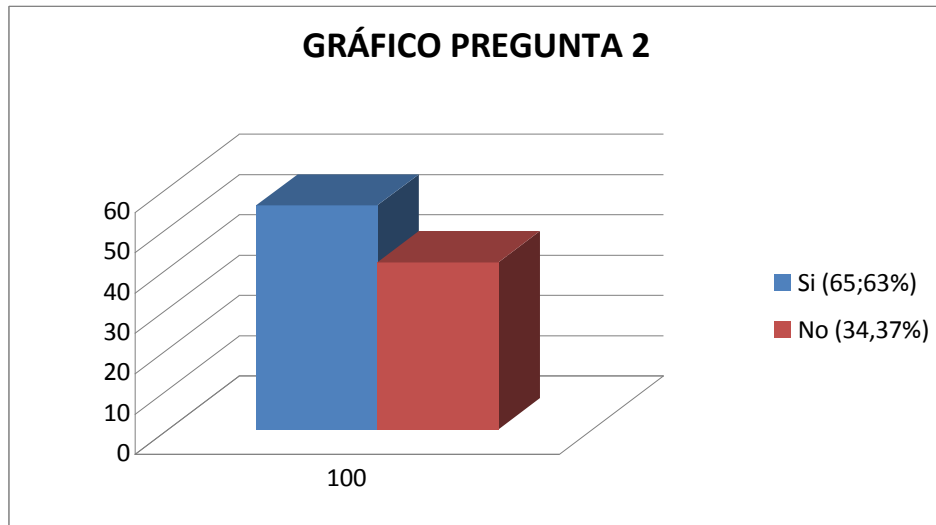
Fuente: cuadro 2.

Gráfica 2. Material de estudio.



El 62.50% de los estudiantes considera que el material de estudio (módulos) está acorde con las prácticas desarrolladas en el laboratorio virtual.

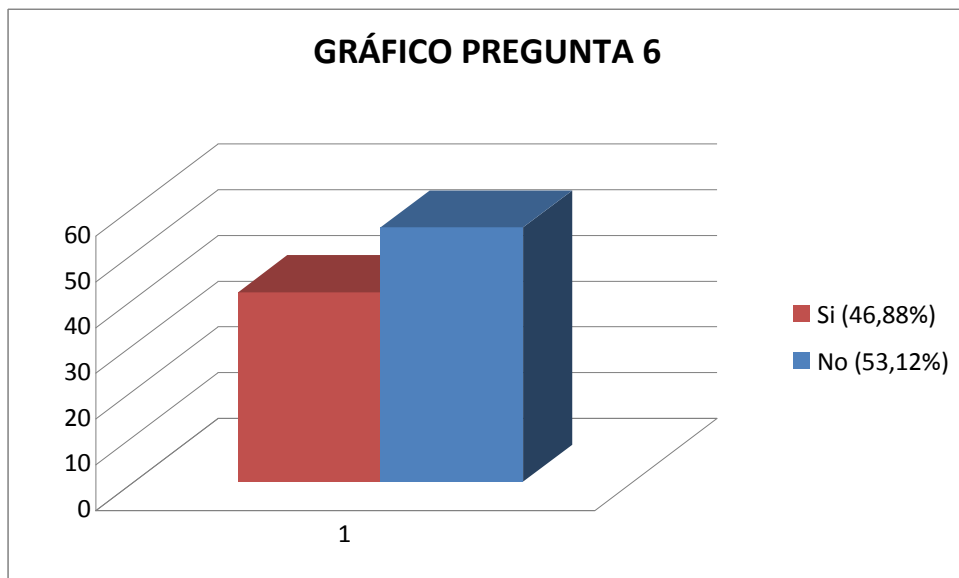
Gráfica 3. Secuencia de actividades.



Fuente: cuadro 2.

El 65.63% de los estudiantes están de acuerdo con la secuencia de las actividades prácticas propuesta en el laboratorio.

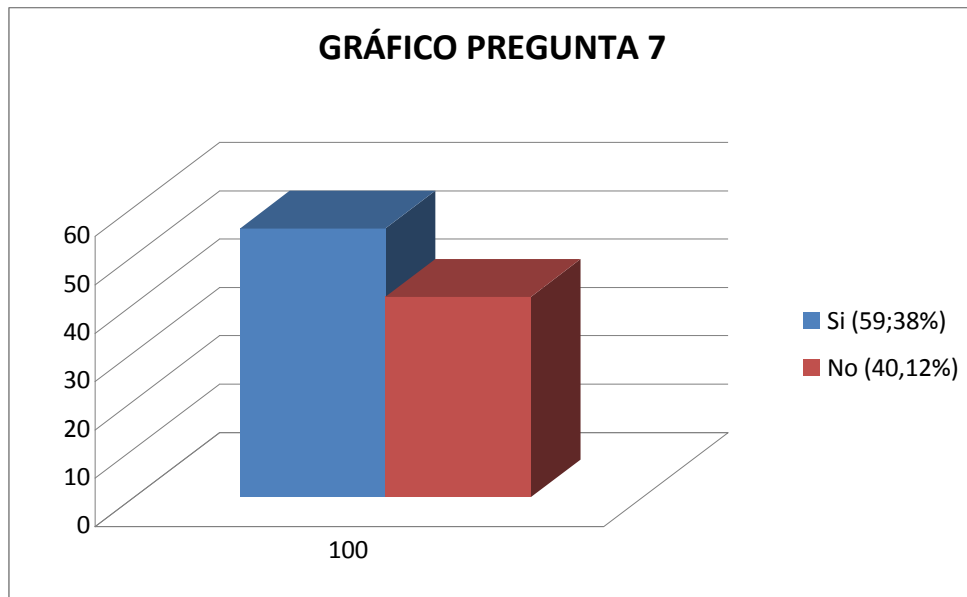
Gráfica 4. Guías de operación del laboratorio virtual.



Fuente: cuadro 2.

El 46.88% de los estudiantes considera que las guías para la operación del simulador virtual son claras y comprensibles.

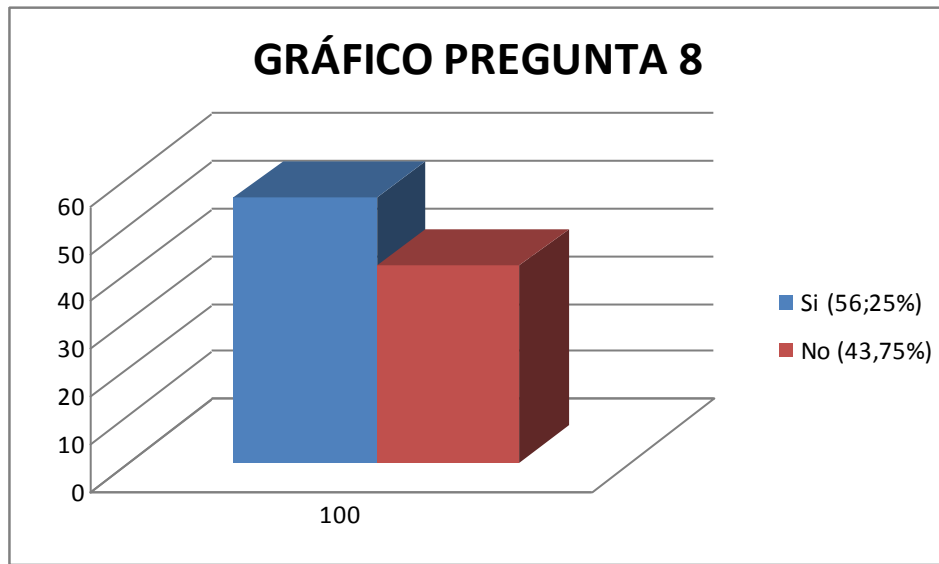
Gráfica 5. Acceso al laboratorio desde la página.



Fuente: cuadro 2.

El 59.38% de los estudiantes considera que acceso a los laboratorios virtuales es fácil y sencillo desde la página.

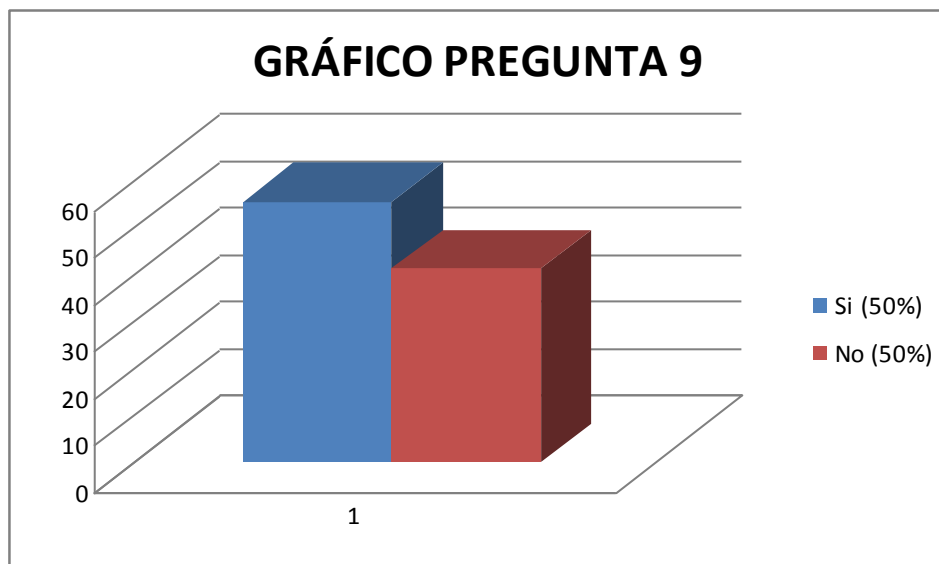
Gráfica 6. Problemas durante la simulación.



Fuente: cuadro 2.

El 56.25% de los estudiantes manifiesta haber presentado problemas en el momento de la simulación

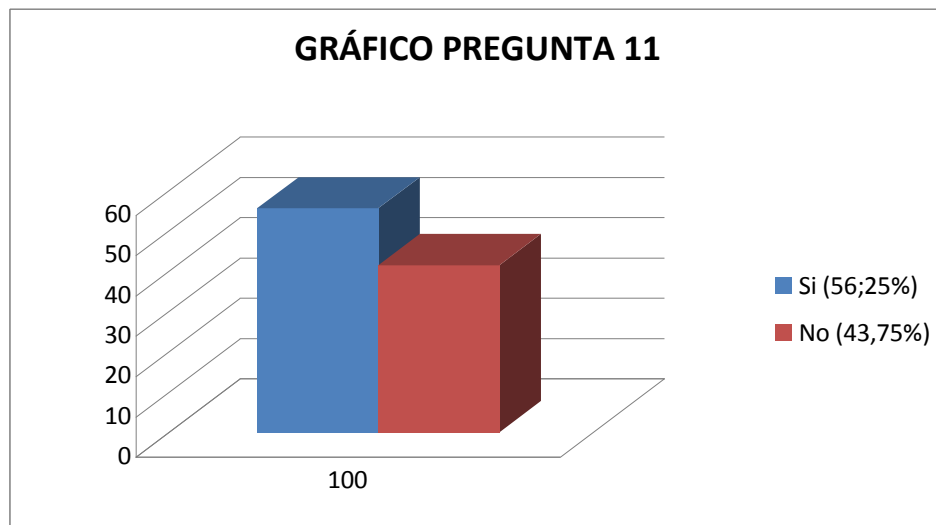
Gráfica 7. Asistencia tutorial.



Fuente: cuadro 2.

El 50% de los estudiantes manifiesta que el tutor le prestó asistencia en el momento que la requirió.

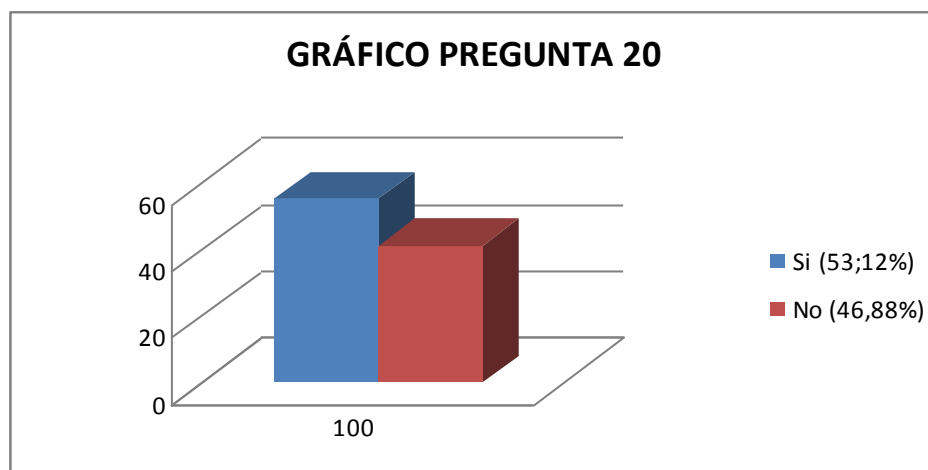
Gráfica 8. Aspecto de la interfase gráfica.



Fuente: cuadro 2.

El 56.25% de los estudiantes manifiesta que las imágenes presentadas por el simulador son claras para comprender el proceso presentado.

Gráfica 9. Sensación de la práctica.



Al 53.12% de los estudiantes le pareció fácil de realizar y comprender las prácticas virtuales

## 8. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

En este apartado se debe presentar los aspectos administrativos del anteproyecto, aquí se presentan de forma detallada los recursos, el cronograma y los resultados esperados que permitirán evaluar el anteproyecto en términos de impacto.

### 8.1 PRESUPUESTO

En cuadro se explica con claridad la justificación de los gastos que implica la ejecución del presente proyecto. Véase cuadro 3 para el presupuesto global.

Cuadro 3. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).

RUBROS	ENTIDADES FINANCIADORA		TOTAL
	ENTIDAD 1	ENTIDAD 2	
PERSONAL (Tabla 1.1.)	200.000	-	200.000
EQUIPOS (Tabla 1.2)	3.020.000	-	3.020.000
SOFTWARE (Tabla 1.3)	500.000	-	500.000
MATERIALES (Tabla 1.4)	150.000	-	150.000
VIAJES (Tabla 1.5)	-	-	-
SALIDAS DE CAMPO (Tabla 1.6)	-	-	-
BIBLIOGRAFÍA (Tabla 1.7)	130.000		130.000
SERVICIOS TÉCNICOS (Tabla 1.8)	200.000		200.000
OTROS (Tabla 1.9)			420.000
<b>TOTAL</b>			<b>4.620.000</b>

Fuente: Autores del proyecto

Los cuadros 3.1 a 3.4 muestran los valores de cada ítem en particular.

Cuadro 3.1. Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).

INVESTIGADOR	FORMACIÓN ACADÉMICA	FUNCIÓN DENTRO DEL PROYECTO	DEDICACIÓN Horas/semana	ENTIDADES		TOTAL
				ENTIDAD 1	ENTIDAD 2	
Sergio Bermúdez	Profesional	Investigador	5	UNAD	-	100.000
Dane Osorio	Profesional	Investigador	5	UNAD	-	100.000
<b>TOTAL</b>						200.000

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro 3.2 Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$).

EQUIPO	JUSTIFICACIÓN	ENTIDADES		TOTAL
		ENTIDAD 1	ENTIDAD 2	
Computador	Procesamiento de datos, Internet.	1.100.000	1.150.000	2.250.000
Impresora	Impresión de documentos.	300.000	270.000	570.000
Regulador	Estabilizar la potencia eléctrica del computador.	100.000	100.000	200.000
<b>TOTAL</b>		1.500.000	1.520.000	3.020.000

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro 3.3 Descripción del software que se planea adquirir (en miles de \$).

SOFTWARE	JUSTIFICACIÓN	RECURSOS		TOTAL
		UNAD	Contrapartida	
StatGraph	Tratamiento de datos	0.00	500.000	500.000
<b>TOTAL</b>				500.000

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro 3.4 Materiales y suministros (en miles de \$)

Materiales*	Justificación	Valor
Papel	Materiales necesarios para recolectar datos y tratarlos.	10.000
Bolígrafos		5.000
Energía eléctrica	Energizar equipos	15.000
Silla	Sitio para tratar datos	40.000
Mesa	Sitio para tratar datos	80.000
<b>TOTAL</b>		150.000

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro 3.5 Bibliografía (en miles de \$)

Ítem	Justificación	Valor
Manual de Estadística	Teoría necesaria para construcción del modelo estadístico	130.000
<b>TOTAL</b>		130.000

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro 3.6 Servicios Técnicos (en miles de \$)

Tipo de servicio	Justificación	Valor
Asesor en estadística	Personal calificado en el área de análisis de datos	200.000
<b>TOTAL</b>		200.000

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro 3.7 Otros (en miles de \$)

Ítem	Justificación	Valor
Imprevistos	10% del valor total de la propuesta	420.000
<b>TOTAL</b>		420.000

Fuente: Autores del proyecto

## 8.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se presentan un cuadro relacionando las actividades a realizar en función del tiempo (puede realizarse por semanas o por meses), y que permitirá evaluar la ejecución del proyecto. Véase cuadro 4 para el cronograma de actividades.

Cuadro 4. Cronograma de actividades.

MES/ Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	■	■	■															
2				■	■	■	■											
3						■	■	■										
4									■									
5										■	■							
6											■	■						
7													■					
8														■				
9														■	■			
10																■	■	
11																		■

**Actividades correspondientes al cronograma:**

1. Actividad de formación en aprensión de conceptos y competencias necesarias.
2. Concepción del problema de investigación.
3. Investigación acerca del estado del arte.
4. Elaboración de instrumento de recolección de datos.
5. Aplicación de la encuesta
6. Digitación y tabulación de datos en el software.
7. Entrevistas al investigador más destacado del CEAD Barranquilla
8. Análisis estadístico y cualitativo de la información
9. Interpretación de resultados
10. Elaboración de informe.
11. Socialización de la investigación.

**8.3 PRODUCTOS**

El producto que arroja a la comunidad esta investigación, consiste en un documento de investigación, en el cual se muestra si existe o no diferencias entre los dos grupos de estudiantes tratados.

Estos se pueden presentar en los siguientes cuadros que permiten medir los indicadores del proyecto.

Cuadro 5. Generación de nuevo conocimiento.

<b>Resultado/Producto esperado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Beneficiario</b>
Indicadores para la revisión de la versión del simulador utilizado.	Versión de Software.	UNAD y estudiantes

Cuadro 6. Fortalecimiento de la comunidad científica.

<b>Resultado/Producto esperado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Beneficiario</b>
Inclusión de nuevas interfases y procesos en el software utilizado.	Posicionamiento y venta del software en el mercado	UNAD, estudiantes y comunidad científica

Cuadro 7. Apropiación social del conocimiento.

<b>Resultado/Producto esperado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Beneficiario</b>
Software disponible en el campus.	Número de usuarios.	Estudiantes y comunidad

Cuadro 8. Impactos esperados.

<b>Impacto esperado</b>	<b>Plazo (años) después de finalizado el proyecto: corto (1-4 ), mediano (5-9), largo (10 o más)</b>	<b>Indicador verificable</b>	<b>Supuestos*</b>
Ámbito administrativo	Corto plazo. Contratos de desarrollo de software de simulación. Adquisición	Unidades adquiridas.	Licitación pública
Ámbito académico	Corto plazo. Desarrollo de características e interfases propias para los procesos de aprendizaje simulados.		

\* Los supuestos indican los acontecimientos, las condiciones o las decisiones, necesarios para que se logre el impacto esperado.

#### 8.4 IMPACTO DEL TRABAJO

El impacto del trabajo al interior de la comunidad UNADISTA se puede mostrar derivado en dos vías, que son: la vía administrativa y la vía académica, las cuales se pueden mostrar de la siguiente manera.

En lo que refiere a la vía administrativa en su nivel estratégico, permite, ya sea replantear los contratos de desarrollo o adquisición de los simuladores por otros diseñados a “medida” de las necesidades de formación virtual y de nuestra cultura latina.

En lo que se refiere al ámbito académico, el impacto se refleja en las opciones que brinda la investigación para realizar los levantamientos de información necesarios, a nivel de usuario final, para los nuevos diseños de interfases 3D y necesidades propias de la modalidad virtual, nuevas ayudas y manuales en línea, nuevas herramientas de auditoria para el tutor y la decanatura.

En lo que se refiere al usuario final, le permite a este sentirse mas confiado y seguro que su práctica virtual se aproxima a la operación de un equipo real, lo cual le anima a tomar el curso con mayor compromiso y disminuye drásticamente la posibilidad de deserción.

## 9. CONCLUSIÓN

La combinación de un entorno interactivo dotado de textos, imágenes y simulaciones promueve la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. La utilización de estas nuevas tecnologías ofrece una nueva posibilidad en la formación de los profesionales en las diferentes especialidades de la ingeniería. En este trabajo se presentaron una herramienta para el aprendizaje de transferencia de calor, que no pretende sustituir la labor del docente, sólo le sirve de apoyo en las tutorías, para elevar la calidad del proceso de aprendizaje. Desde el punto de vista de control, las herramientas desarrolladas permiten al alumno familiarizarse con tareas y conceptos tales como la supervisión del proceso, cambios de los modelos de la planta, cambios en los algoritmos de control, cambios en los parámetros del proceso a controlar, entre otros.

- Se encuentra que el grado de confort de los estudiantes es del 53.12% y esto satisfacen el currículo propuesto por la UNAD y que no se encuentran divergencias entre los objetivos propuestos en el curso señalado.
- Las quejas presentadas por los estudiantes obedecen mas a factores de la novedad de la mediación y desconocimiento de las herramientas telemáticas. El 56.25% reporta problemas en el momento de la simulación.
- Se deja planteado realizar un análisis de varianza entre grupos de estudiantes antiguos con mediación tradicional que desarrollaron prácticas presenciales y los actuales en campo virtual, para determinar si existen diferencias significativas en

cuanto a habilidades procedimentales y toma de decisiones en manejo de situaciones de proceso. Para los de campus virtual se propone realizar pruebas semestralizadas con más de un simulador y determinar cual se ciñe al proceso y requerimientos académicos de la UNAD.

.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

DE ANTONIO J., A., et. al. Cuándo y Cómo usar la Realidad Virtual en la Enseñanza.

En: <http://bermudas.ls.fi.upm.es/~marco/Demo/RealidadVirtualEducacion.doc>

GONZÁLEZ REY, F. 1983 Motivación moral en adolescentes y jóvenes. Ed. de Ciencias Sociales. La Habana.

GLENN, N.D. (1977). Cohortanaálisis. Beverly Huís, CA: Sage Publications Inc. Series: 'Quantitative Applications in the Social Sciences', número 5.

KERLINGER, FN. (1979). Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento. México, D.F.: Nueva Editorial Interamericana. Capitulo número 8 ('Investigación experimental y no experimental').

KESSLER, R.C. y GREENBERG, D.F. (1981). *Linear panel anaálisis: Models of quantitative change*. London, UK: Academic Press, Inc. (LONDON) LTD.

MAJMUTOV M. I.(1983). La enseñanza problémica. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, página 234

MALKIN I. I.(1966). Cuestiones del desarrollo de la actividad cognoscitiva y la independencia de los escolares, Kazan, página 110.

MARKUS, G.B. (1979). Analyzing panel data. Beverly Huís, CA: Sage Publications mc: Series: 'Quantitative Applications in the Social Sciences', número 18.

QUIROGA, Elsa. El nuevo contexto educativo, la significación en el aprendizaje de la enseñanza.

BUILES TORO, Santiago y CALLE VALLEJO, Federico. (2007). SIMULADOR DINÁMICO DE REACTORES DE TANQUE AGITADO. Medellín: UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, ESCUELA DE INGENIERÍAS, FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA.

ANTSAKLIS, P., T. Basar, R. DeCarlo y N. Harris; "Report on the NSF/CSS WorkShop on New Directions in Control Engineering Education", IEEE Control Systems Magazine, 19(5), 53-58 (1999).

BAKOSOVA M., M. Fikar, L. Cirka. "E-learning in Process Control Education", European Congress of Chemical Engineering (ECCE-6), Copenhagen 16-21 September (2007).

FENRICH F.; Practical guidelines for creating instructional multimedia applications, The Dryden Press, USA (2002).

JOHANSSON, M.; M. Gäfvert y K.J. Åström; "Interactive tools for education in automatic control", IEEE Control Systems Magazine, 18(3), 33-40 (1998).

SÁNCHEZ, J., F. Morilla y S. Dormido; "An environment of remote visual supervision over the Internet for educational purposes", IEEE Trans on Education: 42(3), 180-185 (2004).

SKOGESTAD, S. y Y. Postlethwaite; "Multivariable feedback control", IEEE Control Systems Magazine, 18(3), 26-32 (1998).

VALLÉS, M., J.L. Díez y A Valera; "Setting up a Virtual Matlab Control Laboratory", IFAC-Workshop EDCOM2001: Education in Automatic Control. Hohannes Kepler University linz, Austria (2001).

VIGOTSKY L. S. (1966). Pensamiento y Lenguaje. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.

## ANEXO A. INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

### UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS TECNOLOGIA E INGENIERIA - ECBTI

#### Encuesta a estudiantes de ingeniería con laboratorios virtuales

A continuación se encuentra una serie de preguntas, las cuales debe responder sinceramente. Recuerde que no hay respuestas buenas o malas, Los datos consignados aquí son confidenciales y la universidad sólo los utilizará para análisis.

Nombre: \_\_\_\_\_ CEAD: \_\_\_\_\_

Programa IA \_\_, IS \_\_, II \_\_, IE \_\_, IAF \_\_; Regencia \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_/\_\_/\_\_

Curso virtual: \_\_ **Transferencia de calor** \_\_\_\_\_ Tutor: \_\_\_\_\_

1. Considera que el material de estudio (módulos) está acorde con las prácticas desarrolladas en el laboratorio virtual?. Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

2. La secuencia de las actividades prácticas propuesta en el laboratorio están de acuerdo con la secuencia mostrada en el material de estudio. Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

3. Las actividades prácticas propuesta necesitan de material de estudio adicional para su realización: Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

4. Las actividades prácticas propuesta tienen sus guías específicas?

Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

5. Las lecciones evaluativas propuestas se ajustan a los objetivos de las lecciones? Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

6. Las guías para la operación del simulador virtual son claras y comprensibles?

Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

7. El acceso a los laboratorios virtuales es fácil y sencillo desde la página?.

Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

8. Se le presentan problemas en el momento de la simulación? Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Cual?:

\_\_\_ El Campus se “cae” muy a menudo

\_\_\_ La aplicación es “muy lenta” en su funcionamiento

\_\_\_ “Se revienta”

\_\_\_ Se borran los datos introducidos

\_\_\_ No calcula los datos en un momento dado del proceso

\_\_\_ Arroja otros datos

\_\_\_ Se reinicia

\_\_\_ No arroja resultados al final de la simulación

\_\_\_ Realiza otra función

\_\_\_ Presenta inconsistencia en los “pantallazos”

9. El tutor le prestó asistencia en el momento que usted le requirió? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

10. Fue oportuna? Si:\_\_\_ No:\_\_\_ Solucionó su problema? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

11. Las imágenes presentadas por el simulador son claras para comprender el proceso presentado? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

12. Son pertinentes los colores utilizados por el simulador? Si\_\_\_ No:\_\_\_

Son claros y entendibles los mensajes que muestra el simulador? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

13. La aplicación le permite a usted girar o ver otros planos diferentes a los presentados? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

14. La aplicación le permite ver simultáneamente los datos capturados y el resultado de los mismos paso a paso dentro del proceso?. Si:\_\_\_ No:\_\_\_

15. Tiene usted que esperar al final y/o cambiar de ventana o pantalla para ver un resultado total o específico del proceso? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

16. Los resultados de la simulación tiene usted que convertirlo a otro formato o puede manejarlo dentro del mismo simulador? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

17. Necesito de otra aplicación para el análisis de los datos obtenidos?

Si:\_\_\_ No:\_\_\_

18. Tiene o informa el simulador la facilidad de realizar comunicación por medio de foro entre los estudiantes que lo utilizan por medio de Internet? Si\_\_\_ No:\_\_\_

19. La aplicación le permite realizar gráficos de los resultados obtenidos?

Si:\_\_\_ No:\_\_\_

20. Le pareció fácil de realizar y comprender las prácticas virtuales? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

21. Brinda la aplicación una URL en donde enviar observaciones y recomendaciones? Si:\_\_\_ No:\_\_\_

22. De 1 a 5 que calificación le merece el simulador de laboratorio virtual? \_\_\_\_\_

23. Su calificación definitiva que obtuvo al final del curso:\_\_\_\_\_