



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS
PROGRAMA DE LA LICENCIATURA EN INFORMÁTICA

PROTOTIPO PARA LA SIMULACIÓN DE UN FLUJO CENTRO ANULAR
CON SURFACTANTES INSOLUBLES EN LA INTERFAZ ENTRE AMBOS
FLUIDOS
(MODALIDAD: INVESTIGACIÓN)

JACOBO ALEJANDRO MEKHEDJIAN CHITGIAN

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN INFORMÁTICA

CUMANÁ, 2012

PROTOTIPO PARA LA SIMULACIÓN DE UN FLUJO CENTRO ANULAR
CON SURFACTANTES INSOLUBLES EN LA INTERFAZ ENTRE AMBOS
FLUIDOS

APROBADO POR:

Prof. Said Kas-Danouche

Asesor

Prof. Carmen Victoria Romero

Co-Asesor

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

A Dios, por siempre mantenerme firme y fiel a mis convicciones.

A mis padres, por creer en mí y ser pieza fundamental en mi vida.

A mi hermano Arturo, por ayudarme en mis momentos más difíciles.

A toda mi familia por apoyarme, alentarme y ayudarme a seguir adelante sin nunca mirar hacia atrás.

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por darme la paciencia suficiente y la fuerza para terminar este trabajo.

A mis padres por siempre tenerlos allí creyendo en mí.

A mi asesor y buen amigo Profesor Said Kas-Danouche por siempre alentarme a seguir adelante y nunca rendirme ante la adversidad.

A mi co-asesora Profesora Carmen Victoria Romero por estar allí para cualquier cosa.

A la Licenciada Zulay Durán por ser mi amiga y guía en mis momentos de dudas.

A mis amigos Yarúa Maneiro, María Suárez, María Blanco, María Vetancourt, Gabriel Rojas, Karen Guevara, Roberpierre Villanueva, Giuseppe Pastrán, Sergio Da Silva, Analía León y a todos aquellos que de una u otra manera estuvieron acompañándome en esta travesía.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
LISTAS DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	6
PRESENTACIÓN.....	6
Planteamiento del problema.....	6
Alcance	6
Limitaciones	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO DE REFERENCIA.....	8
Marco teórico.....	8
Antecedentes de la investigación	8
Área de estudio.....	9
Área de investigación	10
Marco metodológico	13
Metodología de la investigación.....	13
Analizar el modelo matemático del flujo centro anular con surfactantes insolubles.....	14
Construir el algoritmo de simulación del modelo matemático.....	14
Codificar el algoritmo usando un lenguaje de programación apropiado	15
Validar el simulador	15
Generar la imagen del fluido.....	15
CAPITULO III.....	16
ANÁLISIS DEL MODELO Y CONSTRUCCIÓN DEL ALGORITMO	16

Analizar el modelo matemático del flujo centro anular con surfactantes insolubles	16
Figura 3. Derivada del modelo	17
Construir el algoritmo de simulación del modelo matemático analizado. ...	20
CAPITULO IV.....	29
IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS NUMÉRICOS	29
Codificar el algoritmo a un lenguaje de programación apropiado.....	29
Validar el simulador.....	36
Generar la imagen del fluido.	39
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
GLOSARIO	44
APENDICE.....	46
Apéndice A. Manual de usuarios.....	46
Acceso al PROTOTIPO PARA LA SIMULACIÓN DE UN FLUJO CENTRO ANULAR CON SURFACTANTES INSOLUBLES EN LA INTERFAZ ENTRE AMBOS FLUIDOS (HIPERIÓN) a través de Matlab 7.10.....	46
Uso del Simulador Hiperión	50
Opciones Adicionales	55
Acceso al PROTOTIPO PARA LA SIMULACIÓN DE UN FLUJO CENTRO ANULAR CON SURFACTANTES INSOLUBLES EN LA INTERFAZ ENTRE AMBOS FLUIDOS (HIPERION) a través de un ejecutable portable.	58

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Notación de casos de usos.....	11
Figura 2 Flujos Concéntricos.	17
Figura 3. Derivada del modelo.....	17
Figura 4. Algoritmo Kas-danouche.....	18
Figura 5. Matlab 6.5.....	19
Figura 6. Primera vista del prototipo	20
Figura 7. Blender 2.4	22
Figura 8. Python 2.6.....	22
Figura 9. Mathematica 7	23
Figura 10. Segunda vista del prototipo	24
Figura 11. Clases del prototipo	26
Figura 12. Diagrama de secuencia de la clase Modelo.	27
Figura 13. Diagrama de secuencia de la clase Reporte.	28
Figura 14. Guide Builder	29
Figura 15. Matlab 7.10.....	30
Figura 16. Interfaz principal del prototipo de simulación	31
Figura 17. Interfaz secundario del prototipo de simulación.....	32
Figura 18. Interfaz del fluido	33
Figura 19. Interfaz_Reporte.....	34
Figura 20. Interfaz del fluido y su energía.....	35
Figura 22. Perturbación del fluido 1 Hiperion.....	37
Figura 24. Perturbación del fluido 2 Hiperion.....	38
Figura 25. Condición de conservación de masa de fluido y de la cantidad de surfactante.	38

RESUMEN

Se desarrolló un PROTOTIPO PARA LA SIMULACIÓN DE UN FLUJO CENTRO ANULAR CON SURFACTANTES INSOLUBLES EN LA INTERFAZ ENTRE AMBOS FLUIDOS. Se utilizó una metodología de Investigación de Operaciones, propuesta por (Taha, H. 1998), pero modificada a las necesidades del trabajo, esta consta de cinco (5) fases: (1) Analizar el modelo matemático del flujo centro anular con surfactantes insolubles: en esta fase se desarrolló entrevistas las cuales se identificaron las necesidades y requerimientos del trabajo existente. (2) Construir el algoritmo de simulación del modelo matemático: Se analizó diferentes diagramas lógicos usando el lenguaje de modelado unificado (UML por sus siglas en inglés), la cual respondió a las necesidades y requerimientos producto del análisis en el paso anterior. (3) Codificar el algoritmo usando un lenguaje de programación apropiado: acá se codificó el algoritmo usando Matlab 6.5 y 7.10, obteniendo la interfaz esperada. (4) Validar el simulador: aquí se comparó los resultados obtenidos mediante la comparación de los datos de control y conservación de cantidades proporcionados por el trabajo, hecho en (Kas-Danouche, 2002). Y por último (5) Generar la imagen del fluido. Donde se mostró a través de una imagen tridimensional el comportamiento del fluido. El simulador desarrollado tiene como objetivo reflejar los resultados de (Kas-Danouche, 2007) en una imagen gráfica tridimensional, con la cual el personal no especialista en conceptos matemáticos pueda comprender, de manera rápida, el proceso que se suscita.

INTRODUCCIÓN

A través de los tiempos, gran parte de los avances tecnológicos fue el resultado de la investigación militar, siendo la simulación una de las áreas de mayor desarrollo. Los chinos, alrededor del año 2200 A.C., inventaron un juego de guerra denominado Wei Qi, que consta de unas fichas blancas y negras distribuidas en un tablero de madera; el objetivo de este juego es capturar territorio a medida que se van ubicando las fichas de manera estratégica sobre el tablero. Así mismo, las legiones romanas emplearon cajones con arena y figuras militares en miniatura para simular combates. Esto les permitió establecer tácticas militares y de apoyo logístico para sus propios combates reales. En la segunda guerra mundial, los militares, usando un computador ENIAC, realizaron complejos cálculos de artillería para optimizar las tácticas de combate y/o apoyo logístico. Estos estudios fueron fundamentales para una formulación de la simulación basada en el juego inventado por los chinos, que se menciona previamente (Cuquejo, 2007; Zoppke, 2004).

Con la simulación por computadora se intenta de modelar situaciones de la vida real. Se ha convertido en una parte útil de muchos sistemas naturales, en física, química, biología, informática, matemáticas, entre otros. Las simulaciones en informática se han orientado, en su mayoría, al campo del entretenimiento. Sin embargo, en las matemáticas su aplicación se ha orientado al modelado numérico (Bustamante, 2007).

(Thomas, 1982) define la simulación como:

“...una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son

necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo...”.

Según (Figueroa, 2007)

“...La computación gráfica se encarga del estudio, diseño y trabajo del despliegue de imágenes en la pantalla de una computadora...”.

Se desarrolla a través de herramientas proporcionadas por la física, la geometría, la óptica, entre otras; también permite una mejor interacción con los seres humanos, así como un método para visualizar y entender objetos y fenómenos de la vida real. Su inicio se remonta a los años 1950, cuando Douglas Engelbart en su visión del futuro comprendió que la tecnología podía resolver problemas urgentes y complejos del mundo; además de ampliar las capacidades mentales con las cuales se tendrían más posibilidades de enfrentar las exigencias y complejidades de la vida (Figueroa, 2007; Cabello, 2006).

A partir de la idea anterior, el uso de las imágenes en una, dos o tres dimensiones hicieron que la comprensión de ciertas cosas fuera mucho más fácil, por ejemplo: la creación de un plano de un edificio, donde le otorga a la persona una mejor referencia e idea de cómo será en un futuro la construcción de éste. Ahora bien, en el computador, lo primero que se toma en cuenta es el concepto del plano, el cual se aplica de la misma manera como tradicionalmente se realiza, con la diferencia de que el proceso de diseño es digital. Además, trae beneficios al momento de modificarse, ahorrando tiempo, dinero, esfuerzo y materiales (Cabello, 2006; Further, 2007; Engelbart, 2008; Córdova, 2005).

La tecnología ha venido evolucionando de manera rápida y vertiginosa dándose cambios positivos en el mundo de hoy. Estos avances se están manifestando en la medicina, la ingeniería, la economía y en especial, la industria petrolera; sin embargo, aunque muchos países poseen ricos yacimientos, no poseen suficiente capital para invertir y desarrollar en infraestructuras por lo cual éstas se han abocado al diseño en computador de la mayoría de sus proyectos, a través de herramientas gráficas, simuladores y el análisis de datos numéricos (Sánchez, 1992).

Gracias a las tecnologías, investigaciones hechas y experiencias obtenidas a través del tiempo, el transporte de crudo livianos, medianos, pesados y extra pesados se ha vuelto para muchos países la forma de negocios más rentable, pero una de las desventajas del transporte de crudo es su costo, es por ello que muchos de estos países han buscado la forma más eficiente, económica y satisfactoria de transportarlos y una de las mejores soluciones fue la construcción de oleoductos siendo así el mejor medio de transporte ya que el crudo se transporta de forma interrumpida, veinticuatro horas al día, salvo a desperfectos o siniestros inesperados, siendo así la solución más económica hasta el momento (Barberii, 1998). Pero unas de las desventajas es que el crudo necesita de un medio para que este se movilice a través de la tubería es por ello que se opta por experimentar con diferentes tipos de fluidos, el más común de ellos es el agua como lubricante también, se ha experimentado con surfactantes, que son sustancias que ayudan a evitar la aparición de turbulencias (inestabilidad en los dos fluidos), en otras palabras:

“...Si dos líquidos inmiscibles se mezclan, sus propias tensiones superficiales los mantendrán separados en dos fases, pero a medida que las tensiones superficiales de dos líquidos se hacen más semejantes aumenta su capacidad de formar mezclas homogéneas pues disminuirá la energía de la interfase. Un jabón, un detergente, son agentes que disminuyen la energía de la interfase y por ello se les conoce como agentes

tensoactivos o mas generalmente, surfactantes...”
(Krestonosich S. y cols, 1992).

(Kas-Danouche, 2002) ha desarrollado un modelo matemático el cual explica cómo los surfactantes afectan las inestabilidades de un flujo centro anular. Dicho modelo fue creado con el objetivo de estudiar la estabilidad no lineal de un flujo centro-anular con surfactantes insolubles en la interfaz entre dos fluidos y observar la posibilidad de retardar la aparición de inestabilidades en la interfaz.

Para la creación del modelo matemático, se usó análisis asintótico considerando que el grosor del fluido anular es muy pequeño en comparación con el radio del fluido central, el cual se asumió más viscoso que el anular. Además, se utilizó la teoría de aproximación de ondas largas, la cual toma en cuenta que las perturbaciones se comportan como ondas con longitudes de onda larga.

El modelo obtenido consta de un sistema de dos ecuaciones integro-diferenciales parciales no lineales acopladas. Una ecuación representa la evolución en el tiempo de la interfaz, mientras que la otra representa la evolución en el tiempo de la concentración de surfactantes en la interfaz. Para las soluciones se manipuló un método pseudo espectral (el método de las transformaciones rápidas de Fourier y el método implícito en diferencias finitas de medio paso) y para su implementación se empleó el lenguaje de programación FORTRAN.

Para la obtención de resultados numéricos se consideró como datos iniciales una perturbación senosoidal; es decir, $H(z,0) = A \sin(\alpha z) + B \cos(\beta z)$, donde A , B , α y β son constantes numéricas, y z es la variable que representa al eje axial del tubo. Los resultados obtenidos fueron validados con dos propiedades físicas que el modelo debe satisfacer como son: la

conservación de la masa del fluido y la conservación de masa del surfactante; estos resultados se encuentran publicados en (Kas-Danouche, 2002).

Todos los resultados numéricos que se obtienen de este modelo pueden ser usados como referencia para la realización de experimentos en laboratorios petroquímicos, en el sentido de orientar la selección de los fluidos y surfactantes; esto será de gran interés en la industria petrolera, pues mejoraría el transporte de crudo a través de tuberías, evitando la aparición de turbulencias que conllevaría, en muchos casos, a la emulsificación del crudo con el agua, lo cual no se desea. Aún cuando ya este modelo ha sido manipulado y validado para asegurar la confiabilidad de los resultados numéricos obtenidos por el autor; él utiliza medios que aunque son conocidos y prácticos para él, no lo son necesariamente para posibles interesados. Esto causa problemas para quienes procuran entender tales resultados obtenidos del modelo, que se expresan mediante gráficas que, en su mayoría, son desconocidas por quienes no están familiarizados con las matemáticas, o peor aún para empresarios o ejecutivos que no se desenvuelven en esta área de las ciencias. Es por esto que, se propuso la creación de una herramienta de simulación que permita, al usuario final, experimentar y entender la dinámica del flujo de dos fluidos centro-anulares, con surfactantes insolubles en la interfaz entre ambos fluidos, a través de una imagen gráfica generada como resultado de dicha herramienta.

CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN

Planteamiento del problema

El modelo matemático creado por el Dr. Said Kas-Danouche en su trabajo intitulado *NONLINEAR INTERFACIAL STABILITY OF CORE-ANNULAR FILM FLOWS IN THE PRESENCE OF SURFACTANTS*, presenta los resultados generados mediante la implementación de esquemas numéricos. Dichos resultados no son de fácil interpretación para personas que no pertenezcan a esta área de las ciencias. De allí que, el procurar extraer información rápida y manejable se vuelva un proceso engorroso. Es por ello que, se hace necesaria la creación de una herramienta prototipo de simulación que solucione y permita reflejar los resultados en una imagen gráfica, con la cual el personal no especialista en conceptos matemáticos pueda comprender, de manera rápida, el proceso que se suscita. Esto traerá consigo una mejor comprensión del problema de transporte de fluidos viscosos a través de tuberías, provocando un aumento en la productividad de cualquier industria que esté involucrada con el transporte de fluidos confinados a cilindros; por ejemplo, se puede mencionar a PDVSA o cualquier otra compañía petrolera que se interese en esta investigación. Además, podrá servir de puente para los investigadores interesados en este tipo de problemas y que quieran usarlo en sus propias investigaciones o aplicaciones.

Alcance

Este trabajo estará enmarcado dentro del ámbito de la simulación, y las ecuaciones diferenciales, debido a que mediante el computador se hallará la solución gráfica de los datos arrojados por el modelo propuesto en (Kas-

Danouche, 2002); así mismo, va dirigido a personas interesadas en este tipo de problemas.

Limitaciones

El simulador Hiperión no posee una base de datos debido a que la transferencia de datos entre la base de datos Access y Matlab es lenta, por lo cual implementarla aumentaría vertiginosamente los requerimientos del hardware.

Durante la simulación, la imagen 3D generada no puede ser girada, pero una vez finalizado el proceso, sí es posible.

CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA

Marco teórico

Antecedentes de la investigación

La naturaleza de un simulador se asemeja http://3.bp.blogspot.com/_IWtV25wSzC4/SReDzWa8OUI/AAAAAAAAAAAM/tlzOXxx9JTE/s1600-h/simulacion1.jpg al misterio de las estrellas. Así como los científicos e ingenieros mandan cohetes al espacio para lograr obtener una data de una pequeñísima fracción del espacio, los simuladores también toman muestras y data que de alguna manera nos da a conocer el comportamiento, la complejidad, y nos otorga la idea de cómo podrían ser las posibles reacciones en la vida real, desde el principio de su vida útil hasta el punto de dejar de ser productivo.

A medida que ha pasado el tiempo, los algoritmos que constituían estos simuladores se fueron sofisticando más. Sumándole la llegada de computadoras más rápidas y eficientes, se obtuvieron resultados más certeros y cercanos a la realidad.

Al principio, el tema de simulación sólo era propiedad de los militares y las grandes compañías (muchas de ellas petroleras). A medida que avanzaba la tecnología, también el equipo de especialistas avanzaba. Unos se encargaban de desarrollar el código del programa, y otros de ejecutar los modelos.

Hoy en día los simuladores son construidos orientados a las necesidades o requerimientos de los usuarios. Actualmente existen varios simuladores (para

nuestro caso orientado a las compañías petroleras) de los cuales podemos mencionar: ECLIPSE de Schlumberger, el simulador VIP de la Landmark Graphics y el modelo STARS (simulador CMG) de la Computer Modelling Group, Ltd.; todos con capacidad de simular modelos de petróleo negro y composicionales, con y sin mezcla de gas y petróleo, donde el último simulador mencionado tiene ciertas ventajas, ya que éste simula mejor los procesos térmicos, como el desplazamiento con vapor; además de adquirir información vital tanto para el estudio académico como empresarial, produciendo también beneficios monetarios en las entidades antes mencionadas.

Esto deja en evidencia la utilización de nuevos modelos y simuladores por parte de las organizaciones, universidades, empresas o personal interesado en el estudio del comportamiento de los fluidos en ciertas condiciones. En nuestro caso se considera que el prototipo de simulador realizado es pionero en la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo de Sucre, el cual permitirá a los usuarios la difusión y discusión de nuevas ideas a través de los datos e imágenes arrojadas por el simulador. Además se puede observar todo el comportamiento a través del tiempo desde el inicio hasta el tiempo final. Esto trae nuevas ideas y conocimiento acerca del comportamiento a través del tiempo de fluidos centro anulares confinados en un tubo cilíndrico. Así mismo, ofrece una herramienta muy valiosa para el estudio de estos casos en particular.

Área de estudio

Este proyecto estará enmarcado dentro del ámbito de la simulación y las ecuaciones diferenciales debido a que mediante el computador se hallará la solución gráfica de los datos arrojados por el modelo propuesto por Kas-Danouche (2002).

Área de investigación

La investigación está enmarcada dentro del ámbito del estudio de un modelo matemático para un flujo de dos fluidos inmiscibles concéntricos y confinados a un tubo cilíndrico, con surfactantes insolubles en la interfaz entre ambos fluidos y del análisis numérico (Kas-Danoche, 2002 y Kas-Danouce y cols, 2009). Esto nos permitió crear el armazón necesario para llevar a cabo todos los procedimientos matemáticos en base a algoritmos y que permitieron la simulación del mismo.

Bases de datos

Una base de datos es un conjunto de datos organizados, diseñada para facilitar el mantenimiento y acceso a los mismos de una forma estándar. Ésta es almacenada en la memoria de un ordenador o computadora. La información se organiza en campos y registros. Un campo se refiere a un tipo o atributo de información, y un registro, a toda la información sobre una entidad específica (Microsoft Corporation. 2003).

Lenguaje unificado de modelado (UML)

Es una herramienta que permite a los diseñadores de sistemas generar diseños que capturen sus ideas de forma convencional y fácil de comprender para comunicarlas a otras personas. El UML permite que los constructores de sistemas representen varias vistas de un sistema, basado en objetos, usando varios tipos de diagramas gráficos, y el modelo subyacente integra estas vistas para fomentar la consistencia durante el análisis, la planeación e implementación (Schmuller, J. 2002).

Casos de uso

El caso de uso es un documento narrativo que describe la secuencia de eventos de un actor (agente externo) que utiliza para completar un proceso. Los casos de uso son historias o casos de utilización de un sistema; no son exactamente los requerimientos ni las especificaciones funcionales, sino que ejemplifican e incluyen tácticamente los requerimientos en las historias que narran. En la Figura 1, se presenta la notación utilizada en los casos de uso (Larman, C. 2003).

Representa todo aquello que el usuario ha de poder realizar en el sistema.

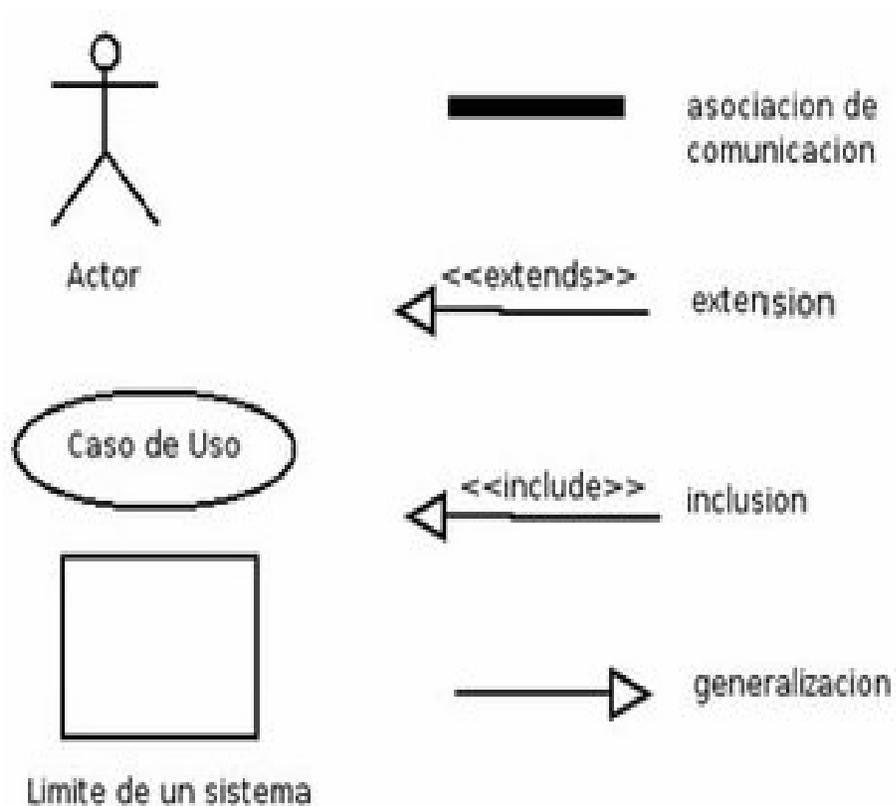


Figura 1. Notación de casos de usos

Actor

Son las diferentes personas (o dispositivos) que utiliza el sistema o el producto dentro del contexto de la función y el comportamiento que se

describirá. Los actores representan papeles que juegan las personas (o dispositivos) conforme el sistema opera. Un actor es algún elemento que se comunica con el sistema o producto y que es externo al sistema en sí mismo.

Un actor modela los diferentes papeles que los usuarios del sistema pueden representar (Larman, C. 2003).

Diagrama de casos de uso

El diagrama de casos de usos es aquel que visualiza el comportamiento de un sistema, de un subsistema o de una clase, también puede ser entendido como la secuencia de transacciones que se realizan en un diálogo con el sistema y que se encuentran relacionadas por su comportamiento. Cada caso de uso constituye una secuencia completa de mensajes, y especifica la secuencia de interacciones que tiene lugar entre un actor y el sistema (Larman, C. 2003).

Relaciones

Es aquel que tiene como función asociar los casos de uso con los actores (Larman, C. 2003).

Diagrama de secuencias

Es aquel que representa la interacción entre las clases del modelo, éstas están ordenadas temporalmente, en esencia, el diagrama de secuencias es una versión abreviada del caso de uso (Larman, C. 2003)..

Diagrama de clases

Es un diagrama que muestra un conjunto de interfaces, colaboraciones y relaciones. Gráficamente, un diagrama de clases es una colección de nodos y arcos. Éstos se usan principalmente para modelar el vocabulario del sistema, las colaboraciones o esquemas (Larman, C. 2003).

Marco metodológico

Metodología de la investigación

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento (Fidias, 2007).

En este trabajo se realizará una investigación descriptiva ya que caracteriza el estudio del modelo matemático definiendo su estructura o comportamiento.

Diseño de la investigación

Según (Fidias, 2007), el diseño documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios; es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores. En esta investigación, los datos fueron recolectados a través del modelo matemático estudiado en (Kas-Danouche, 2002). De ahí que, el diseño de la presente investigación es documental. Además, al ser estos datos entendidos, aportaron nuevo conocimiento que se usó para el establecimiento de la imagen.

Metodología del área aplicada

Se propuso una metodología (Taha, 1998) cuyas fases están distribuidas de la siguiente manera: definición del problema: implica establecer el alcance del problema; Construcción del modelo: implica traducir la definición del problema; solución del modelo: implica el empleo de algoritmos; validación del modelo: implica si el modelo propuesto hace lo que se supone que debe

hacer, y puesta en práctica: implica traducir los resultados del modelo a instrucciones de operación.

A través de esto se describe la metodología empleada, donde la definición del problema se alcanzará a través del análisis del modelo propuesto por (Kas-Danouche, 2002); la construcción del modelo y la solución del modelo se logrará uniéndolas a través de la construcción del algoritmo de simulación; la última fase es la puesta en práctica de la solución, viene a ser la tercera etapa en este trabajo, debido a sus características de transformar los resultados del modelo a instrucciones de operaciones comprensibles para los individuos que administrarán el sistema; es decir, codificar el algoritmo obtenido en la fase anterior. La validación del modelo se hará a través de la validación del simulador con datos provenientes de (Kas-Danouche, 2002); por último, una nueva fase en la cual se obtendrá la imagen en tres dimensiones de los datos arrojados por el modelo en (Kas-Danouche, 2002).

A continuación y de manera formal se presenta la metodología propuesta:

Analizar el modelo matemático del flujo centro anular con surfactantes insolubles

En esta fase de la investigación, se realizarán entrevistas o cuestionarios con los cuales se identificarán las necesidades o requerimientos del trabajo existente. Con dicha información, los resultados y datos del y para el modelo serán suministrados y transformados mediante una herramienta que presente una interfaz mas usable.

Construir el algoritmo de simulación del modelo matemático

Se analizarán diferentes diagramas lógicos usando el lenguaje de modelado unificado (UML por sus siglas en inglés); luego, se propondrá el algoritmo

que permita la creación de una interfaz prototipo, que responda a las necesidades y requerimientos producto del análisis en el paso anterior.

Las etapas que corresponden al análisis del modelo matemático y la construcción del algoritmo de simulación del modelo matemático se encuentran desarrolladas en el capítulo III.

Codificar el algoritmo usando un lenguaje de programación apropiado

Se codificará el algoritmo usando Matlab 6.5 o superior, obteniendo la interfaz buscada.

Validar el simulador

En esta fase, los resultados obtenidos mediante la herramienta en desarrollo serán comparados, a través de técnicas de testeo, con los datos de control proporcionados por el trabajo, hecho en (Kas-Danouche, 2002).

Generar la imagen del fluido

Se mostrará a través de una imagen tridimensional el comportamiento del fluido.

Las etapas que corresponden a la codificación del algoritmo usando un lenguaje de programación apropiado, Validar el simulador y la generación de la imagen del fluido se encuentran desarrolladas en el capítulo IV.

CAPITULO III. ANÁLISIS DEL MODELO Y CONSTRUCCIÓN DEL ALGORITMO

Analizar el modelo matemático del flujo centro anular con surfactantes insolubles

En esta fase se realizó una serie de entrevistas al profesor Said Kas-Danouche la cual permitió realizar un estudio de los requerimientos necesarios para el desarrollo del prototipo de simulador, a través de dicho estudio se determinaron varios planteamientos respondidos a continuación:

1. ¿Cuál sería el objetivo o los objetivos necesarios que se desean alcanzar con la herramienta de simulación?

El objetivo sencillamente es obtener una imagen en 3D que explique la evolución del fluido en el tiempo, su comportamiento en un momento dado y observar la posibilidad de retardar la aparición de inestabilidades en la interfaz.

2. ¿Para qué fue desarrollado su modelo?

Fue desarrollado para explicar cómo los surfactantes afectan la inestabilidad de un flujo centro anular.

3. ¿Considera usted que es necesaria la creación de una herramienta de simulación? ¿Por qué?

Sí es necesaria porque gracias a esta herramienta podremos obtener una mejor comprensión del problema de transporte de fluidos viscosos a través de tuberías, al mismo tiempo de servir como puente a otros investigadores interesados en este tipo de problemas.

Además de tomar en cuenta estas respuestas como base, se revisó y estudió el problema en sí (Figura 2), planteado por Said Kas-danouche, el cual consiste en dos fluidos inmiscibles, generalmente el menos viscoso recubre al más viscoso, en general, estos fluidos paralelos o flujos centro anulares, están separados por una interface, buscando así la menor inestabilidad en el traslado del fluido mas viscoso.

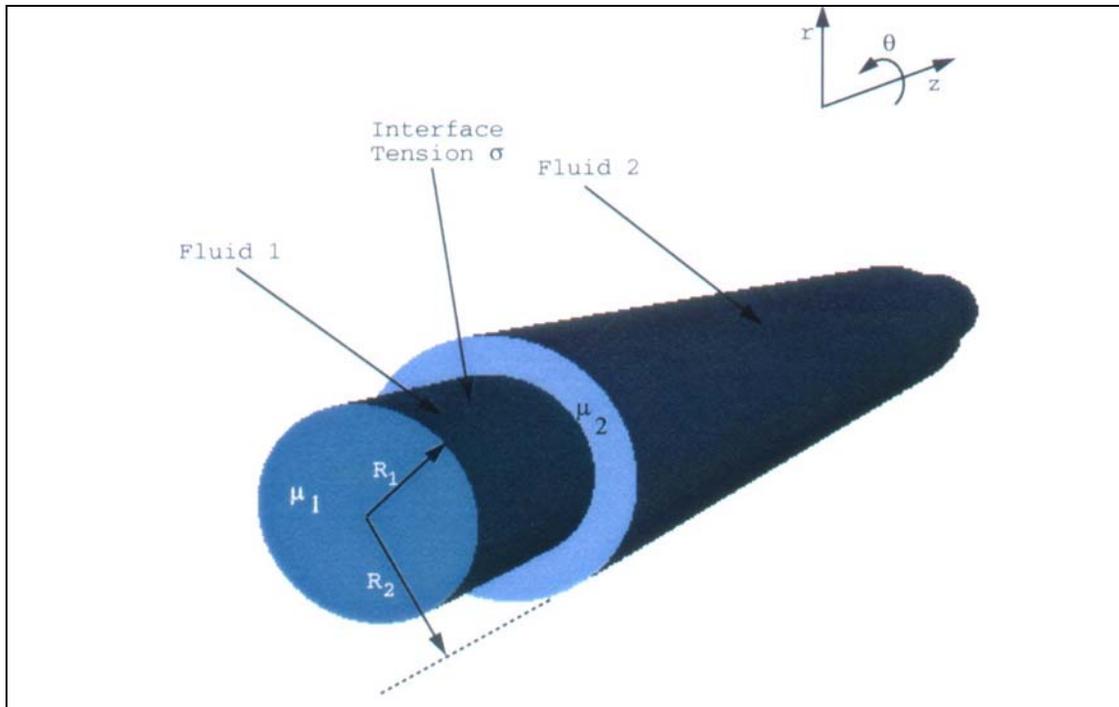


Figura 2 Flujos Concéntricos.

Usando análisis y métodos asintóticos, Said Kas-danouche logró derivar el siguiente modelo matemático (Figura 3)

$$H_{\tau} + HH_z + (H + \nu H_{zz})_{zz} + \Gamma_{zz} = 0$$

$$\Gamma_{\tau} + (H\Gamma)_z - \eta\Gamma_{zz} = 0,$$

$$\text{where } \nu = \frac{\pi^2}{L^2} \text{ and } \eta = \frac{3\lambda}{PeJ}.$$

Figura 3. Derivada del modelo.

A continuación presentamos el algoritmo construido por el profesor Said Kas-Danouche en su trabajo (Figura 4):

INPUT: integer n , $finalt$ (final time), Δt , ν , and η .

OUTPUT: H and Γ

- Step 1 Set $\Delta z = 2\pi/n$
 $t = 0$
- Step 2 Compute: Grid points $z_j = j\Delta z, \quad j = 0, \dots, n-1$
 Initial Conditions $H_j^0 = -\sin(z_j)$
 and $\Gamma_j^0 = \Gamma_0$ (constant) $0 < \Gamma_0 \leq 1$
- Step 3 While $(t < finalt)$ do Steps 4-14

(First system step $t + \frac{1}{2}$)

- Step 4 Compute $H\Gamma$ in physical space.
 Step 5 Compute H_z and $(H\Gamma)_z$ in Fourier space
 Step 6 Compute HH_z in physical space.
 Step 7 Transform HH_z in Fourier space.
 Step 8 For each k-th mode compute:
 $\varrho = \frac{\Delta t}{2}(\nu k^2 - 1)k^2$ and $\varphi = \frac{\Delta t}{2}\eta k^2$

$$\hat{\Gamma}^{(k)t+\frac{1}{2}} = \frac{1}{1+\varphi} \left(\hat{\Gamma}^{(k)} + \frac{\Delta t}{2} f_2 \right)^t$$

$$\hat{H}^{(k)t+\frac{1}{2}} = \frac{1}{1+\varrho} \left[\left(\hat{H}^{(k)} + \frac{\Delta t}{2} f_1 \right)^t + \frac{\Delta t k^2}{2(1+\varphi)} \left(\hat{\Gamma}^{(k)} + \frac{\Delta t}{2} f_2 \right)^t \right]$$

(Second system step $t + 1$)

- Step 9 Compute $H\Gamma$ in physical space.
 Step 10 Compute H_z and $(H\Gamma)_z$ in Fourier space.
 Step 11 Compute HH_z in physical space.
 Step 12 Transform HH_z in Fourier space.
 Step 13 For each k-th mode compute:
 $\varrho = \frac{\Delta t}{2}(\nu k^2 - 1)k^2$ and $\varphi = \frac{\Delta t}{2}\eta k^2$

$$\hat{\Gamma}^{(k)t+1} = \frac{1}{1+\varphi} \left[(1-\varphi)\hat{\Gamma}^{(k)t} + \Delta t f_2^{(k)t+\frac{1}{2}} \right]$$

$$\hat{H}^{(k)t+1} = \frac{1}{1+\varrho} \left[(1-\varrho)\hat{H}^{(k)t} + \frac{\Delta t k^2}{(1+\varphi)} \hat{\Gamma}^{(k)t} + \Delta t f_1^{(k)t+\frac{1}{2}} + \frac{(\Delta t)^2 k^2}{2(1+\varphi)} f_2^{(k)t+\frac{1}{2}} \right]$$

- Step 14 Update time: $t = t + \Delta t$
 Step 15 Output H^t, Γ^t .
 Step 16 End.

Figura 4. Algoritmo Kas-danouche.

También se pudo verificar que el esquema numérico fue implementado usando el lenguaje FORTRAN, y presentó resultados generados mediante dicho programa.

Estos resultados numéricos, al ser analizados, señalaron que la interfaz entre ambos fluidos se comporta como ondas viajeras modales para algunos valores de los parámetros del modelo y para otros valores de los parámetros, se comporta como ondas viajeras periódicas en tiempo, lo cual soluciono parte del problema. Al conocer que el modelo arroja datos numéricos y que estos datos al graficarlos generan la onda en 2D, se concluyó que al crear un sólido de revolución partiendo de esta onda se podría crear un flujo en un momento exacto y que, al unir todos los cálculos de esos momentos exactos, se obtendría el objetivo del trabajo y así lograr la evolución de la imagen en 3D en “tiempo real” (parecido al efecto especial denominado “efecto cuadro por cuadro” muy conocido y muy utilizado en el mundo del cine). Esta solución trajo como consecuencia un problema aún mayor; saber si la tecnología usada (Matlab 6.5, Figura 5) podría resistir los cálculos, además de poder generar la imagen en 3D.

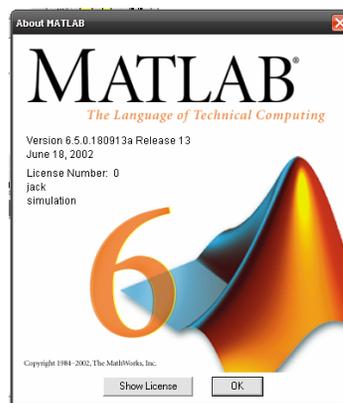


Figura 5. Matlab 6.5

Debido a todo el análisis hecho previamente, la mejor opción de acoplar toda esta información es usar la herramienta UML (Diagrama de Casos de Usos) con lo cual se obtuvo la primera vista del prototipo (Figura 6).

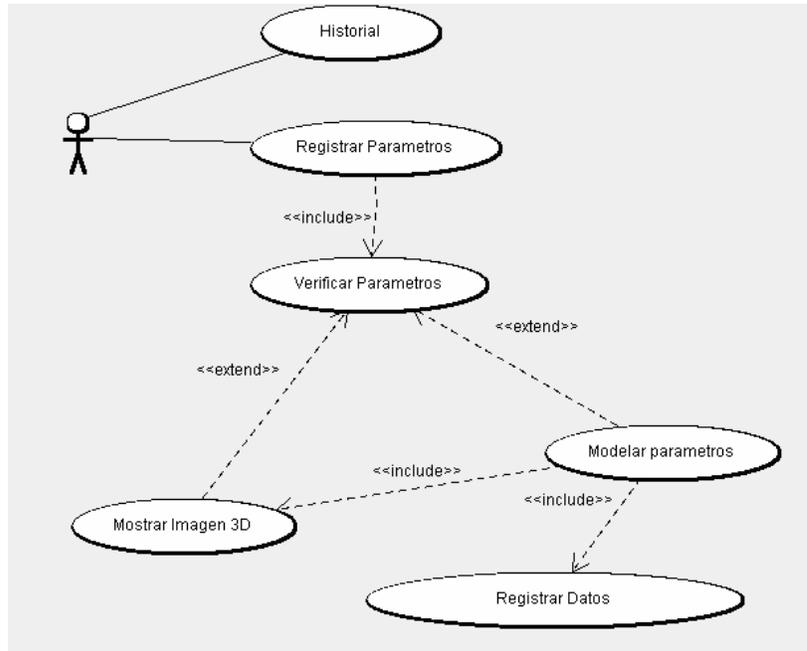


Figura 6. Primera vista del prototipo

Construir el algoritmo de simulación del modelo matemático analizado.

Tomando en cuenta la fase anterior se decidió hacer pruebas empíricas de la tecnología a ser usada.

Se comenzó creando un código en Matlab (Figura 5). Para este caso, se usó la función del seno como prueba (debido a su forma de onda) pero ocurrió el infortunio de que el sólido de revolución creado no soportaba grandes cantidades de datos; así mismo, la imagen era lenta y llegaba al punto de colapsar a Matlab.

Es por ello que se vio en la necesidad de cambiar de tecnología y emigrar a Blender (Figura 7). Se esperaba que Blender se encargara de la parte gráfica pero carecía de compatibilidad con Matlab; también, se optó en usar Python y éste serviría como “puente” entre las dos nuevas tecnologías (Blender y Matlab), pero al obtener problemas en la construcción de este “puente” se tomó la decisión de emigrar totalmente a Python (Figura 8) y Blender, y dejar a un lado Matlab. Esto trajo como ventaja la alta compatibilidad debido a que sus constructores los diseñaron con esa visión; sin embargo, ocurrió una nueva problemática, las bibliotecas Matemáticas de Python no son suficientemente potentes; además, Python no se adecua a aplicaciones en las que el rendimiento sea crítico, esto trajo como consecuencia el no poder soportar grandes cálculos, que para este trabajo es imperioso. Por otra parte, para la construcción de la Imagen 3D bajo Blender, se hace necesario de un personal altamente especializado y calificado. Es por ello que se vio nuevamente en la necesidad de optar por otra tecnología, en este caso escogimos Mathematica7 (Figura 9).

Esta tecnología constaba de potencia en sus bibliotecas de matemáticas y en la generación de imágenes. A través de Mathematica7, también se descubrió el uso de una función interna que genera un sólido de revolución a través de un rango introducido por el usuario. Usando esta función se obtuvieron resultados esperados; sin embargo, estas funciones sólo actúan con rangos mientras que, para este trabajo, los datos generados por el modelo son datos numéricos. En consecuencia, se desecha el uso de Mathematica7, pero conservando la idea de encontrar una función homóloga en Matlab 6.5, que trabaje con datos y no con rangos. Afirmativamente, en Matlab existe dicha función, otorgando así la ventaja de tener velocidad, poder procesar grandes cantidades de datos y un sólido de revolución que no colapsa al lenguaje.

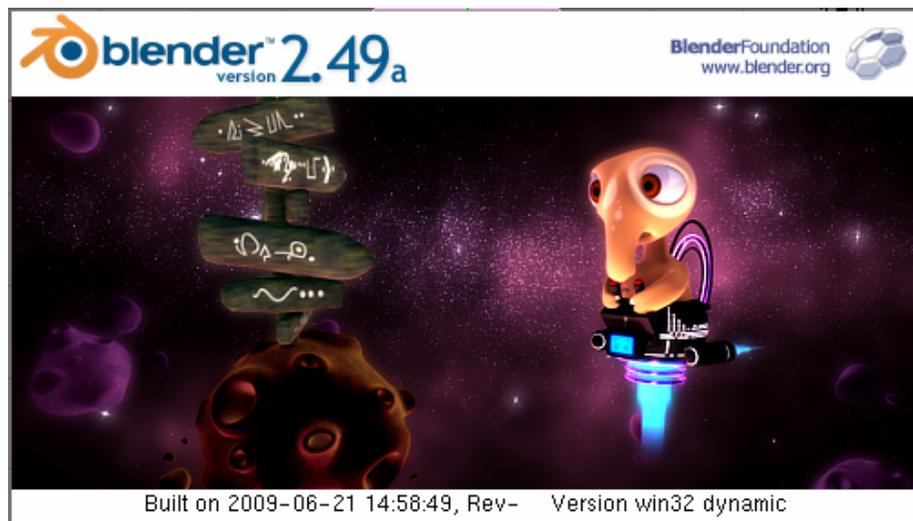


Figura 7. Blender 2.4



Figura 8. Python 2.6

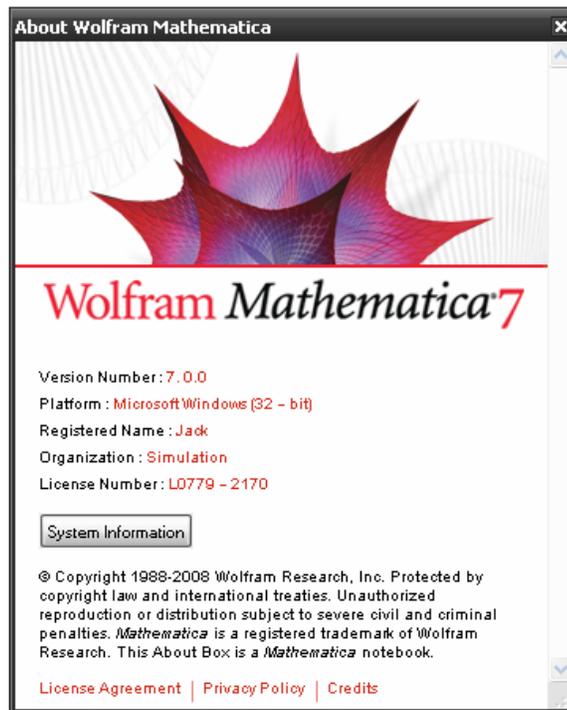


Figura 9. Mathematica 7

En esta fase también se tomó en consideración el registro de datos, ya que sería de mucha ayuda tener una base de datos con datos ya calculados, evitando así el recálculo de ellos mismos; pero, una de las dudas acerca de esta base de datos es: ¿Cómo afectaría el desempeño de dicho prototipo?

Nuevamente, de forma empírica, se hicieron pruebas de transferencia de datos usando la misma función seno, mencionada anteriormente para el sólido de revolución y Access como base de datos.

El resultado que se encontró no fue muy alentador debido a que éste casi cuadruplicaba el tiempo de las imágenes. Se concluye que la transferencia de datos entre Matlab y Access es muy pesada para este tipo de aplicación de escritorio. Por lo tanto, se obvia el uso de la base de datos Access y sólo se guardan los últimos datos calculados como referencia. Esto nos lleva a

presentar un nuevo diagrama de casos de uso que presentamos a continuación:

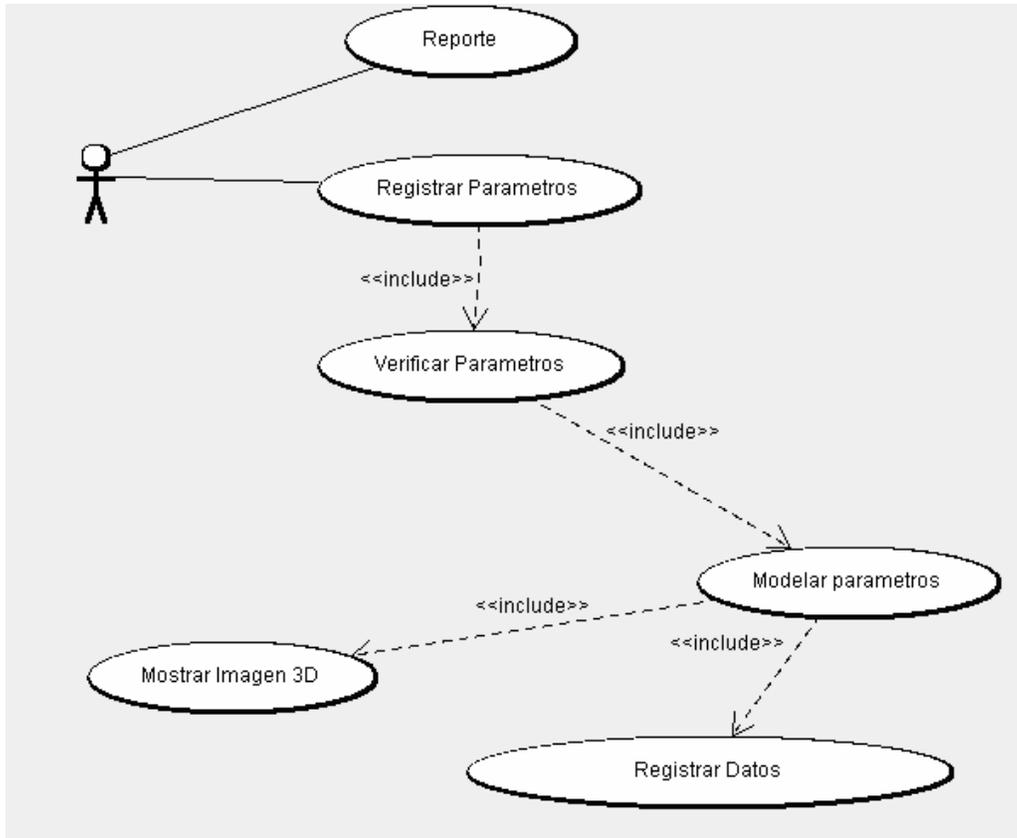


Figura 10. Segunda vista del prototipo

Caso de uso: Registrar Parámetros

Actores: Usuario

Propósito: permitir que el usuario introduzca los parámetros a simular

Descripción: el usuario debe ingresar los parámetros

Caso de uso: Verificar Parámetros

Actores:

Propósito: permitir verificar los parámetros

Descripción: verifica si los parámetros ingresados son los correctos

Caso de uso: Modelar Parámetros

Actores:

Propósito: modelar parámetros

Descripción: modela los parámetros que fueron ya verificados

Caso de uso: Mostrar Imagen 3D

Actores:

Propósito: mostrar imágenes en 3D

Descripción: muestra las imágenes 3D que son generadas a través de los parámetros modelados

Caso de uso: Registrar Datos

Actores:

Propósito: registrar últimos datos modelados

Descripción: permitir tener registros que se pueda usar en otro momento

Caso de uso: Reporte

Actores: Usuario

Propósito: obtener reportes de parámetros modelados

Descripción: permitir al usuario presentarle diferentes reportes de parámetros modelados

Gracias al diagrama de casos de uso, observamos que el prototipo presenta la peculiaridad de que el usuario solamente está presente en el registro de los parámetros y en la presentación de los reportes. Esto quiere decir que estaríamos presenciando una aplicación de escritorio netamente basada en una interfaz donde el usuario manipularía el modelo y los reportes. Apoyándonos en:

(Thomas, 1982). El término Interfaz se define como:

“...un conjunto de operaciones visibles en el exterior. En UML, puede estar asociada a tipos y clases (y también a paquetes que agrupan elementos)...”.

Por lo que nuestro diagrama de estructura estática quedaría de la siguiente manera:

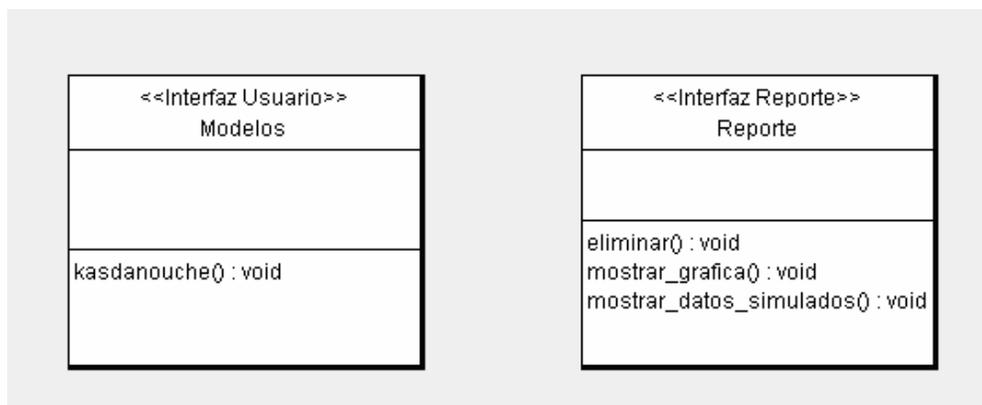


Figura 11. Clases del prototipo

Lo interesante de este diagrama es que las clases: Modelos y Reporte, no tienen relación entre sí por lo que se podría decir que cada una es independiente de la otra. Refiriéndonos a todo lo anterior se realizó un estudio de interacción del Usuario y las clases, el cual fue representado a través de los diagramas de secuencias de UML para reflejar dicha interacción. A continuación se presentan los diagramas de secuencias para cada una de las clases.

Pero esta herramienta no es tan poderosa y muchas veces crea conflicto con las mismas clases asimismo la definición y el uso de las clases aun es algo arcaico por lo que prefirió trabajar con una versión de Matlab más nueva, la versión que se uso fue Matlab 7.10.

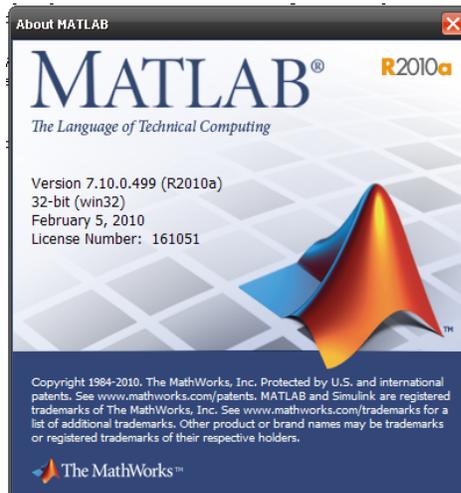


Figura 15. Matlab 7.10

Para la creación de la interfaz del prototipo se opto por un diseño sencillo e intuitivo

Por lo que puede observar, la interfaz principal también llamada interfaz_usuario consta de varios popupmenu donde el usuario podrá de ser capaz de escoger las diferentes opciones ofrecidas, entre las que tenemos: “Modelos”, está opción va dirigida a un público ya familiarizado con el modelo Kas-danouche, donde sus parámetros son mucho más específicos entre ellas tenemos el campo nodos, donde su dato a suministrar debe ser un número que sea una potencia de dos (2), por ejemplo: $32=2^5$, $64=2^6$, $128=2^7$ y así sucesivamente. Este número representa la cantidad de puntos en el cual se divide el eje axial z, que al usar transformadas rápidas de Fourier, representa la cantidad de nodos en el desarrollo en series de Fourier. El segundo campo corresponde al tiempo final de la simulación. El tercer campo V corresponde a π^2/L^2 el cual es un parámetro que resulta al transformar el

sistema de $[0,1]$ periódico a $[0,2\pi]$ periódico. El cuarto campo, $l_{ta}=3\lambda/PeJ$, es un parámetro que se obtiene después de haber transformado el sistema, más específicamente en la ecuación de transformación de surfactantes, a su forma canónica. El quinto campo a λ . Por último el campo Δt que corresponde al salto en el tiempo; el usuario tendrá la oportunidad de poder ejecutar la simulación según la elección escogida, es decir, el usuario tendrá la ventaja de poder preferir observar la evolución de la interfaz en el tiempo o el de la concentración de surfactantes o de ambas al mismo tiempo (Figura 16).

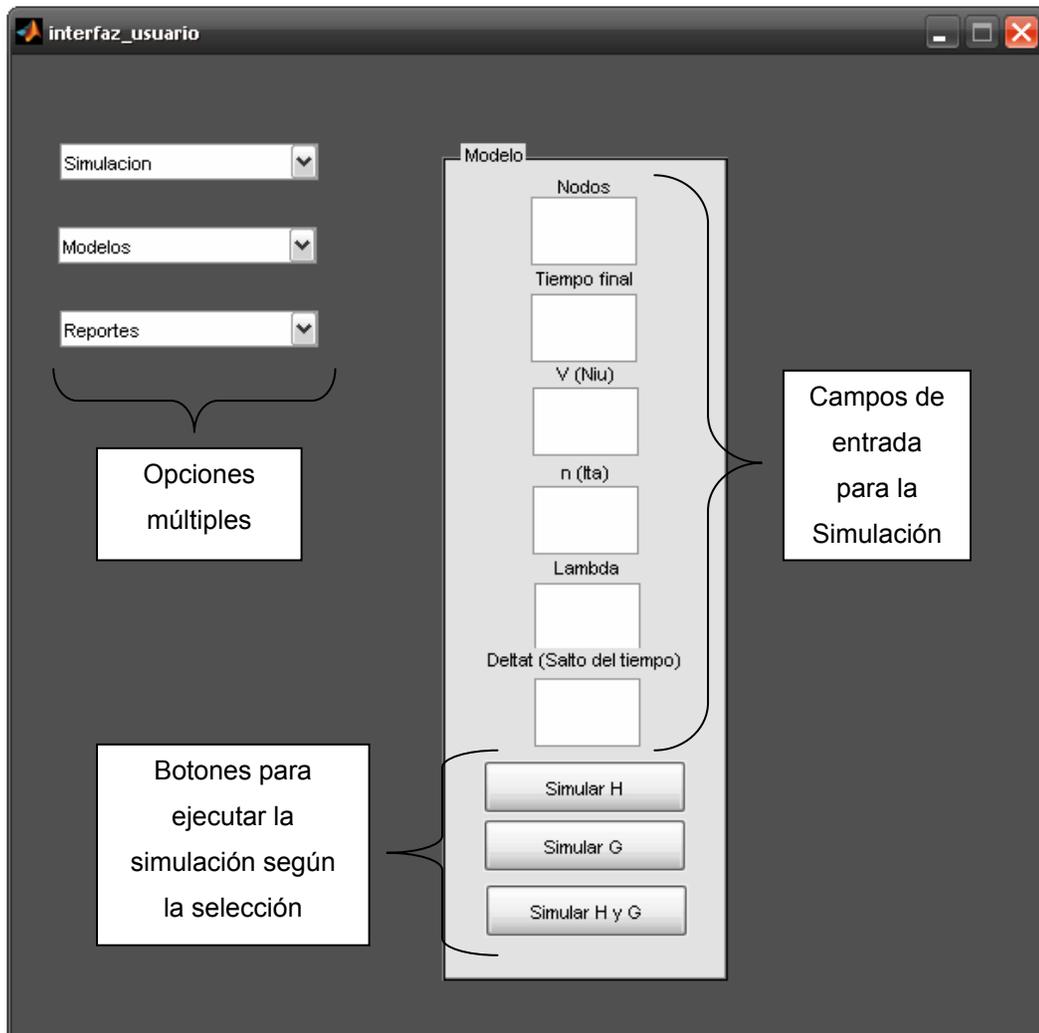


Figura 16. Interfaz principal del prototipo de simulación

Continuando con las opciones múltiples tenemos a “Simulación”, esta opción fue desarrollada con la idea de presentar una interfaz más usable para ese público que recién se está adentrando en este tipo de simuladores donde sus parámetros son mucho más generales; pero otorgando las mismas opciones de acción y ejecución planteadas anteriormente, entre los campos generales tenemos a: μ_{1} y μ_{2} quienes respectivamente son las viscosidad del fluido 1 y la viscosidad del fluido 2, σ_0 que es la tensión interfacial sin surfactantes, la difusividad másica que varía con respecto al caso en estudio al igual que la presión y la velocidad inicial, el r_1 que corresponde al radio del fluido 1 y por último la longitud del tubo que por ella misma se sobreentiende. (Figura 17).

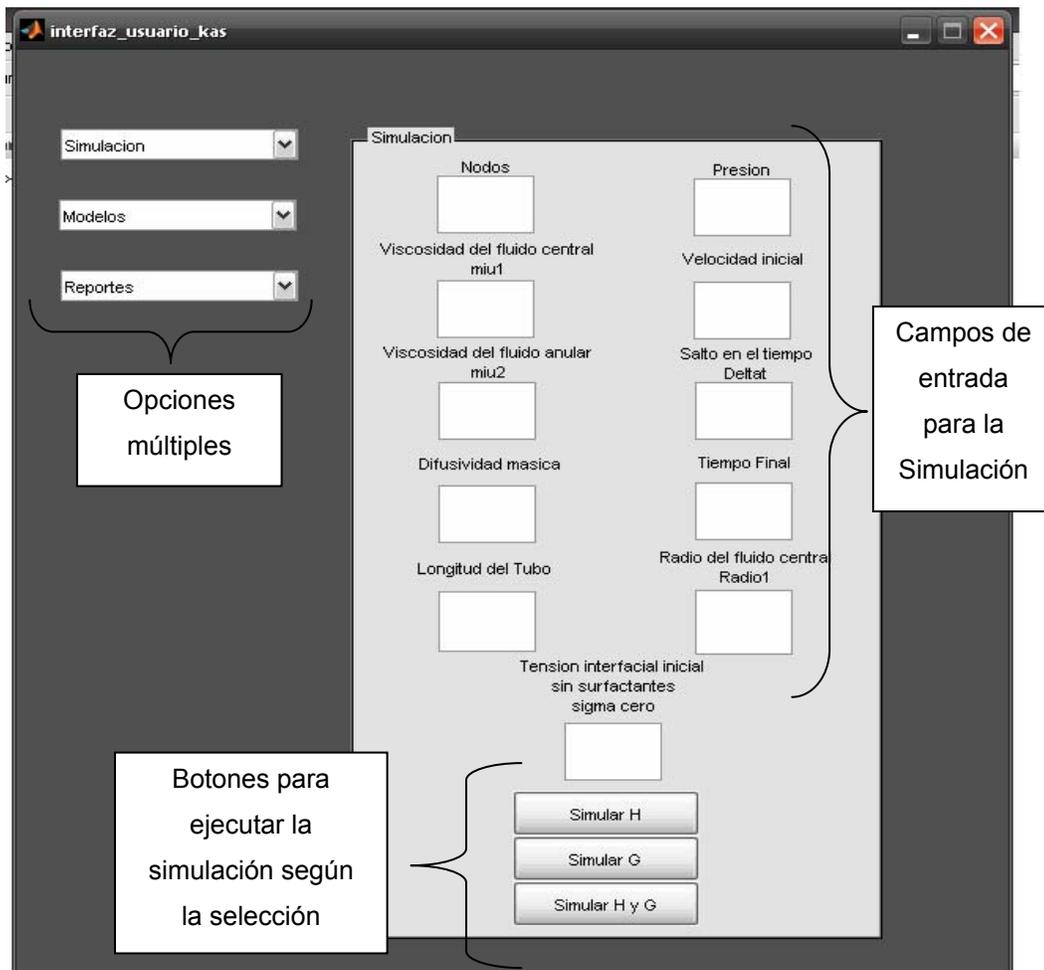


Figura 17. Interfaz secundario del prototipo de simulación

El algoritmo que se usó para la simulación de los datos fue el mismo que presento el profesor Kas-danouche en (Kas-danouche, 2002), con la diferencia que su algoritmo fue adaptado a Matlab 7.10, obteniendo el beneficio de aplicar uno de los puntos clave de la programación el cual fue el de reusar y reciclar.

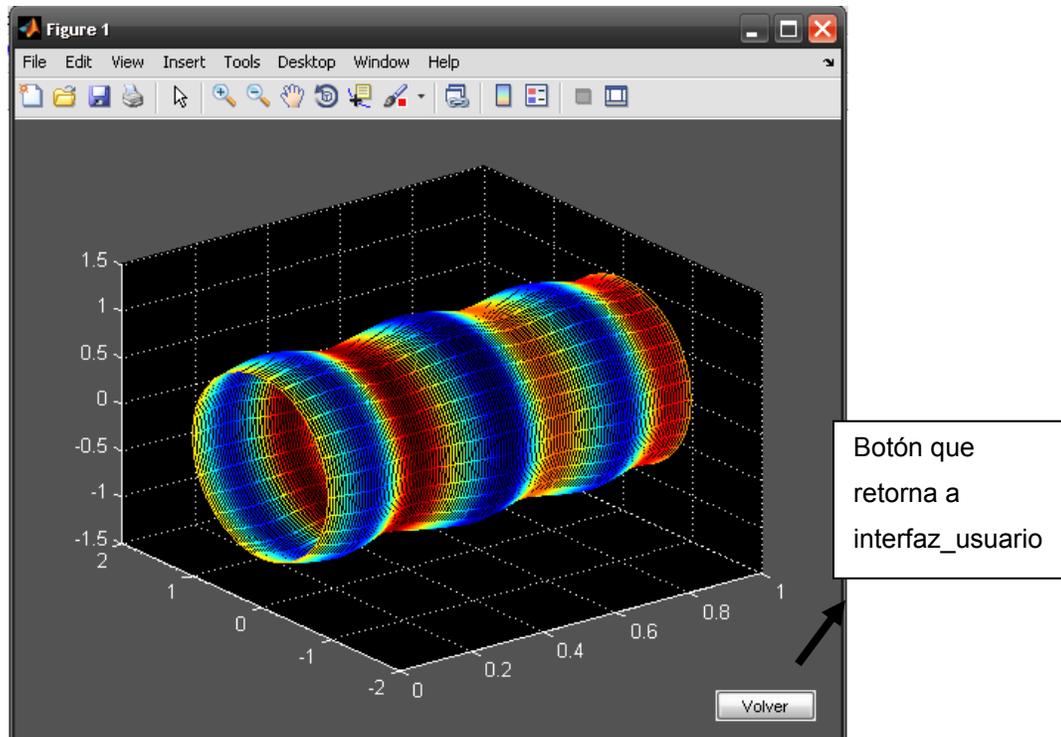


Figura 18. Interfaz del fluido

También se incorporo en este algoritmo el sólido de revolución antes mencionado, esto trajo consigo una perspectiva nunca antes vista así mismo se creó archivos de texto que servirían de almacenamiento de los últimos datos generados por el modelo (recordemos que un archivo de texto puede soportar hasta 4Gb de información, es por ello que no fue implementado para todos los datos posibles debido a que la cantidad de datos que pudiera crearse podría ser muy grande, por lo que no se quiso arriesgar); pero el desempeño fue muy bueno y rápido a tal sentido que si no se tuviera este

punto en contra entonces podríamos haber implantado estos archivos de texto como un tipo de base de datos plana, es decir, una base de datos simple y poco convencional pero funcional .

Para la interfaz del fluido se prefirió mantener un fondo grisáceo y negro debido que este presenta un mejor contraste en los movimientos y en los colores del fluido y es por ello que se tomó en consideración mantener este fondo grisáceo para el resto de las interfaces y así mantener una continuidad en el diseño.

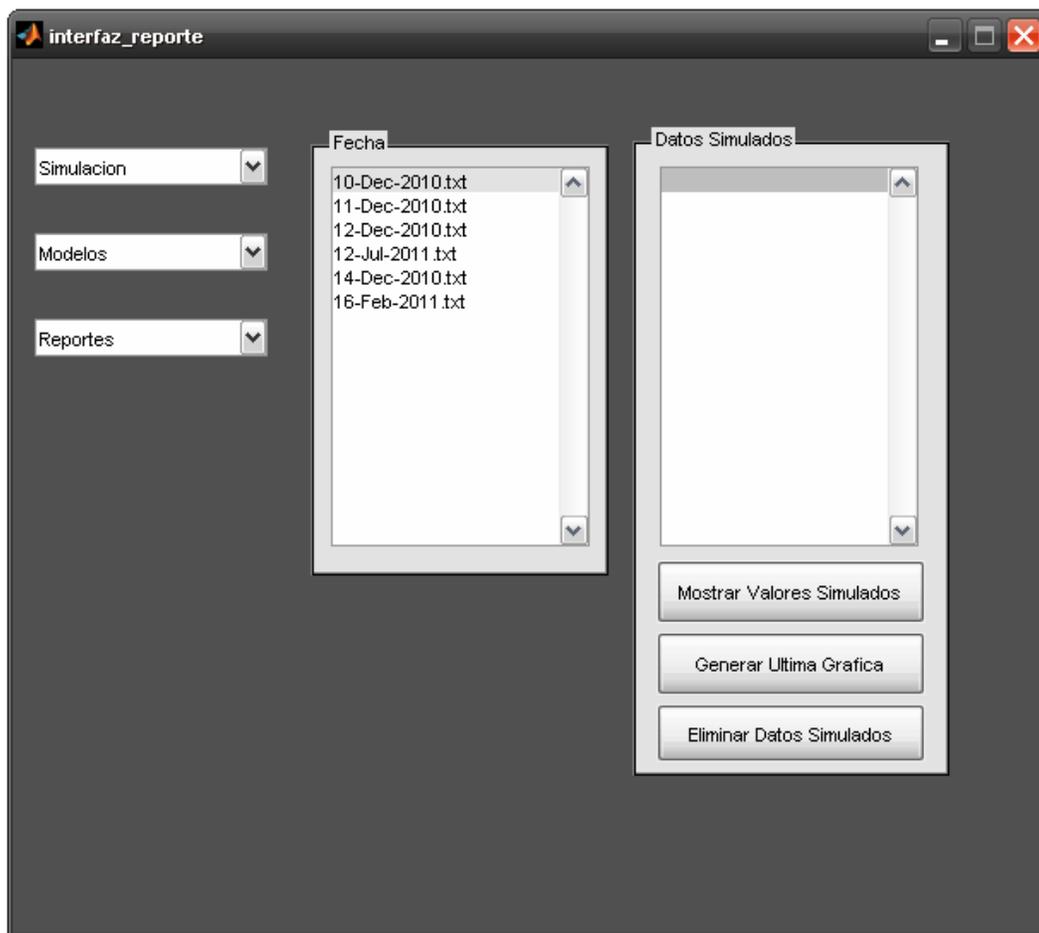


Figura 19. Interfaz_Reporte.

Continuando, presentamos la interfaz reporte; Se observa que se mantiene la continuidad del diseño, del color y que además muestra cierta similitud con la interfaz_Usuario, presentando así los mismos popupmenu pero con la diferencia de que esta interfaz exhibe unos listbox, la cual una depende de otra; También tenemos tres botones éstas presentan tres acciones distintas:

1. Mostrar valores simulados, ésta genera un archivo de Excel a través del campo seleccionado en el listbox, este solo muestra los últimos valores calculados por el modelo Kas-danouche.
2. Generar última grafica: Ésta genera una imagen en 3D del último punto simulado y su energía (Figura 20).
3. Eliminar datos simulados: como su nombre lo indica elimina datos ya simulados.

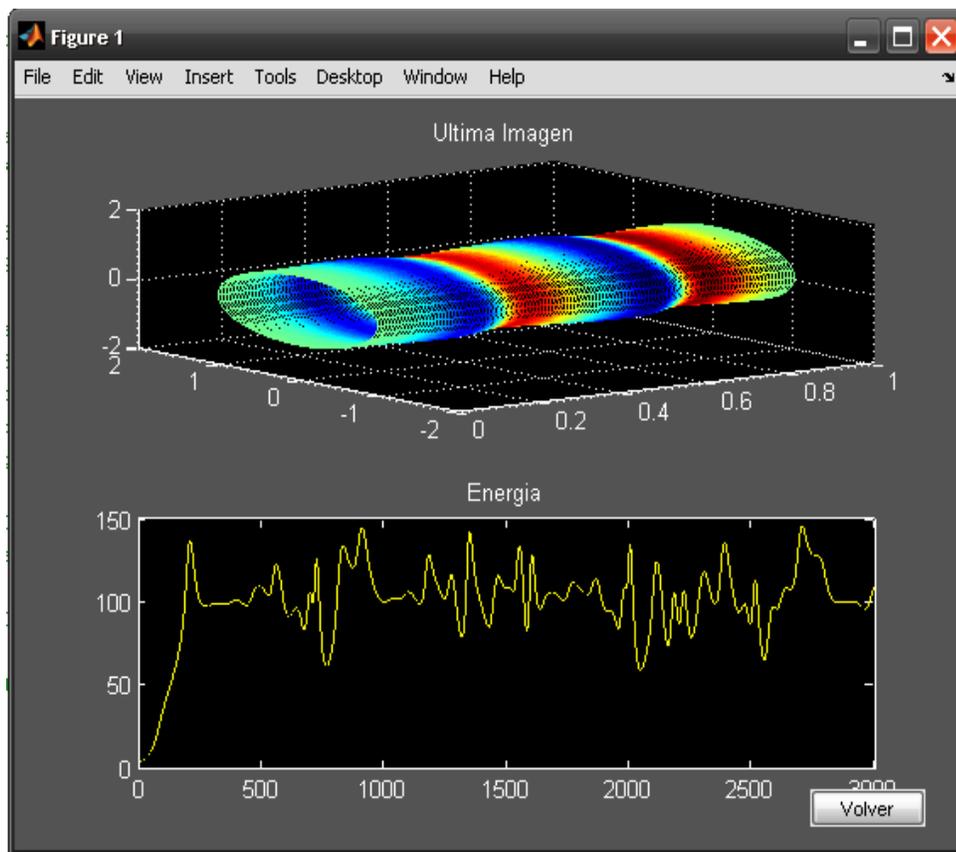


Figura 20. Interfaz del fluido y su energía

Si Observamos con detenimiento, veremos que se mantiene la continuidad tanto en los fondos como en los colores, además de presentar una información nueva la cual es la energía del fluido, también se encuentra el mismo botón volver pero con la diferencia esta regresa a la interfaz_reporte.

Validar el simulador

A través de estudios hechos y comparaciones con datos provenientes del trabajo (Kas-Danouche, 2002), se pudo constatar que los datos arrojados por el simulador Hiperion son de valides, unos de los ejemplos más palpables fue cuando se comparó las perturbaciones de los fluidos (onda azul "H") de ambos trabajos (Figura21) y (Figura 22).

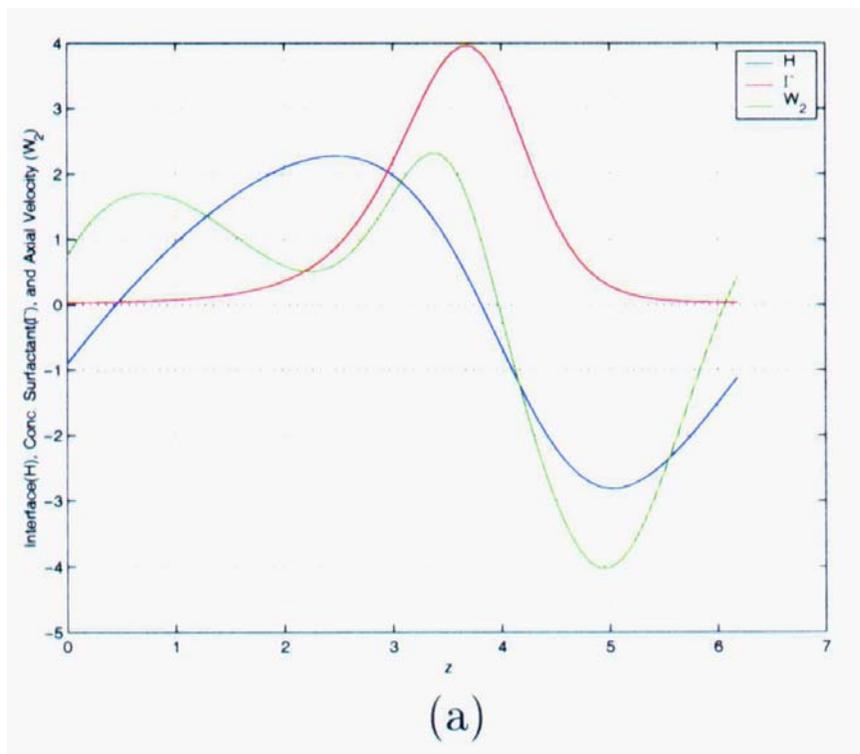


Figura 21. Perturbación del fluido1 Kas-danouche.

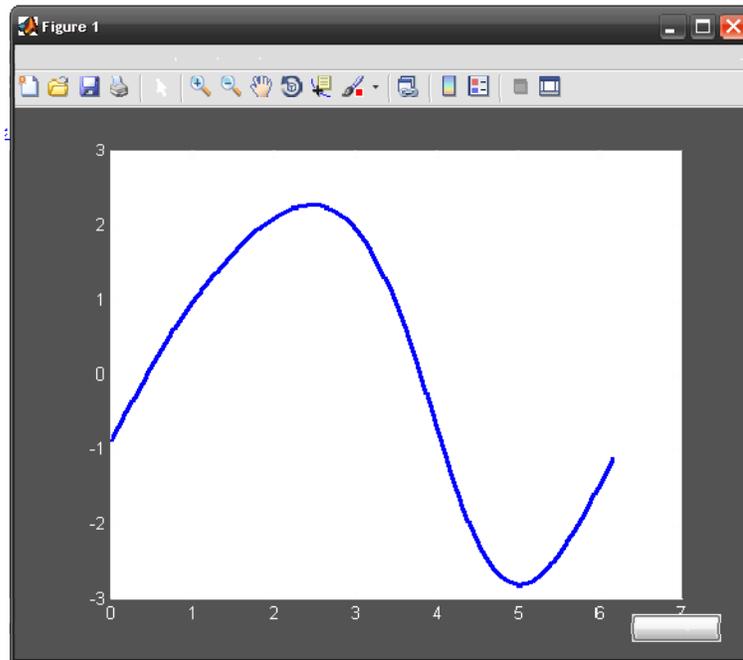


Figura 22. Perturbación del fluido 1 Hiperion

Si observamos detenidamente, veremos que la similitud de ambas ondas son idénticas; igual manera sucede con las siguientes gráficas tomando como premisa la onda azul “H” (Figura 23) y (Figura 24).

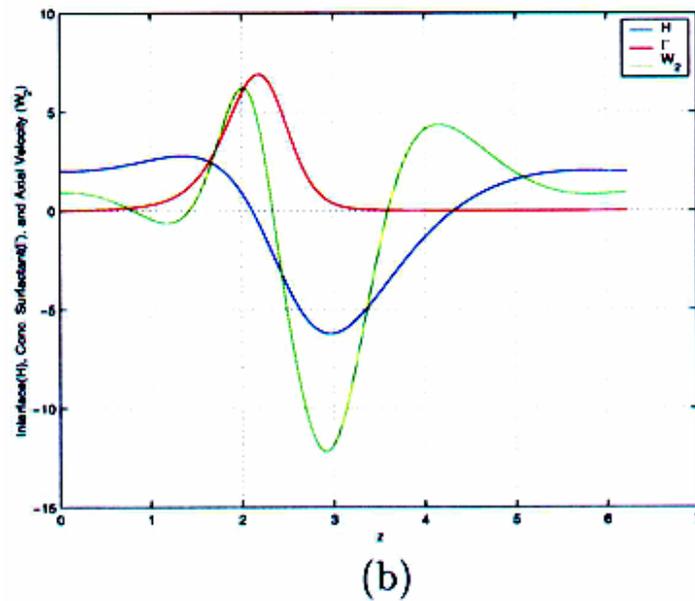


Figura 23. Perturbación del fluido 2 Kas-danouche

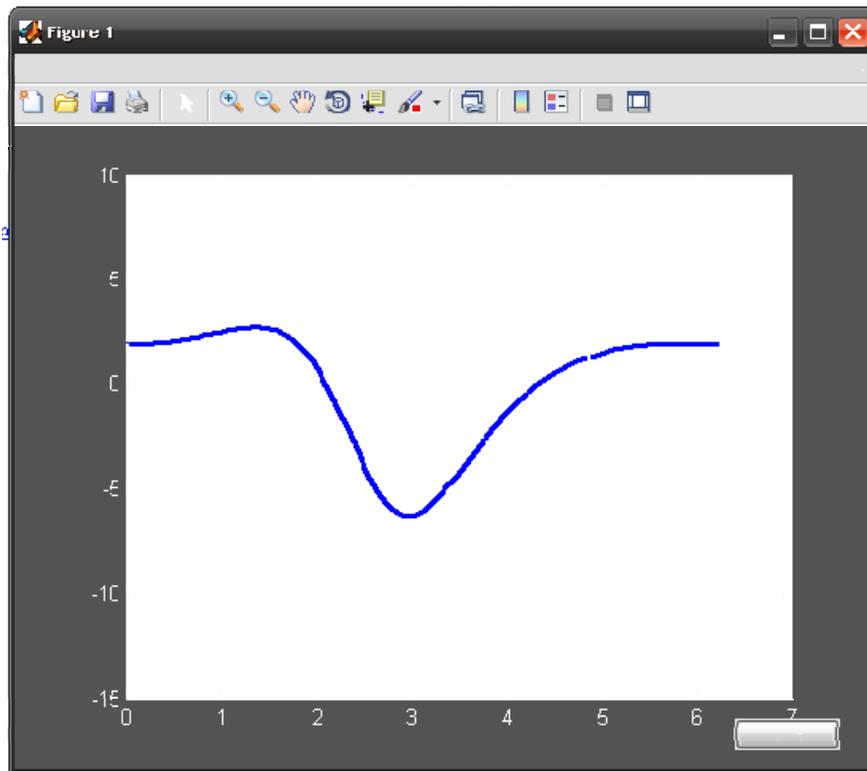


Figura 24. Perturbación del fluido 2 Hiperion

Pero no solo se verificó los datos e imágenes, también se pudo constatar que el simulador cumple con la condición de conservación de masa de fluido y de la cantidad de surfactante (Kas-danouche, 2007). Condiciones que fueron utilizadas para validar el programa de Kas-danouche.

$$\int_0^{2\pi} H dz = 0 \quad \text{y} \quad \int_0^{2\pi} \Gamma dz = 2\pi\Gamma_0,$$

Figura 25. Condición de conservación de masa de fluido y de la cantidad de surfactante.

Generar la imagen del fluido.

Debido a que el objetivo principal de este trabajo es la de mostrar en el tiempo la evolución tanto de las interfaces como de las concentraciones, nos vimos en la necesidad de mantener la interfaz usuario al igual que las otras interfaces tal cual la presentamos anteriormente. Además, otras de las razones por la que se tomó esta decisión fue debido a que el cálculo de los datos, la cantidad de nodos y la creación la imagen 3D, generan muchos procesos a la vez, por lo que la pérdida de velocidad aumenta exponencialmente y decidimos mantener sin ninguna modificación dicha imagen.

CONCLUSIONES

Con la construcción del simulador y considerando los resultados obtenidos, ahora se podrá observar con detenimiento todo el comportamiento de la dinámica del flujo de dos fluidos centro-anulares, con surfactantes insolubles en la interfaz entre ambos fluidos a través del tiempo y la posibilidad de explicar y verificar cómo los surfactantes afectan la estabilidad del mismo, lo cual acarreará beneficios, nuevos planteamientos e ideas, y muy importante: el primer paso para la fabricación de nuevos simuladores como herramienta de desarrollo de tecnologías en la Universidad de Oriente.

Este simulador (prototipo), que fue validado por las dos propiedades físicas: la conservación de la masa del fluido y la conservación del surfactante, y por la comparación de los resultados de (Kas-Danouche, 2002); presenta una interfaz más usable y práctica utilizando una herramienta como Matlab.

En la construcción de los diagramas se utilizó UML, el cual facilitó el desarrollo del simulador, debido a que UML es un lenguaje que posee más características visuales que programáticas, además que la metodología propuesta por Andi Taha se amoldó a las necesidades requeridas para el desarrollo y construcción del mismo.

RECOMENDACIONES

Desarrollar una base de datos que no comprometa la velocidad del simulador o aplicar tecnologías como la computación en paralelo.

Investigar y ampliar las funcionalidades del simulador, entre ellas, la de modelar el fluido desde diferentes ángulos.

Modificar el algoritmo de simulación para otros casos que incluyan más propiedades de los flujos.

Difundir el uso del simulador entre la comunidad estudiantil de la Universidad de Oriente (UDO).

BIBLIOGRAFÍA

Barberii, E. 1998. El Pozo Ilustrado. Fondo Editorial del Centro Internacional de Educación y Desarrollo (FONCIED). Caracas Venezuela

Barceló, J. 1996. Simulación de sistemas discretos, Primera edición, Idefe, Madrid España

Bustamante, H. 2007. "Simulación", "Simulación". <<http://es.wikipedia.org/wiki/Simulaci%C3%B3n>> (01/07/08).

Cabello, V. 2006. "Tecnología", "Douglas Engelbart", <http://www.lacha.net/perfiles/tecnolog/douglas_engelbart> (01/07/08).

Córdova D. 2005. "Diseño", "Origen del Diseño de la Interfaz Gráfica", <http://www.mati.unam.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=92&Itemid=35> (01/07/08).

Cuquejo, J. 2007. "El Juego Moderno del Go". "Introducción al go". <<http://www.acanomas.com/Historia-Juegos-Tradicionales/706/Introduccion-al-Go.htm>> (01/07/08).

Cuquejo, J. 2007. "El Juego Moderno del Go". "Historia del go". <<http://www.acanomas.com/Historia-Juegos-Tradicionales/707/Historia-del-Go.htm>> (01/07/08).

Cuquejo, J. 2007. "El Juego Moderno del Go". "El Juego Moderno del go". <[http://www.acanomas.com/Historia-Juegos-Tradicionales/708/El-Juego-Moder no -del-Go.htm](http://www.acanomas.com/Historia-Juegos-Tradicionales/708/El-Juego-Moder-no-del-Go.htm)> (01/07/08).

Diccionario De La Real Academia Española, <http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=interfaz>(02/01/12).

Engelbart, C. 2008. "A lifetime Pursuit", "History", <<http://www.dougenelbart.org/history/engelbart.html>> (01/07/08).

Fidias, A. 2007. El Proyecto de Investigación. Editorial EPISTEME, Caracas Venezuela.

Figueroa, P. 2007. "Computación Grafica", "Computación Grafica", <<http://www.mitecnologico.com/Main/ComputacionGrafica>> (01/07/08).

Further, R. 2007. "Internet Pioneers", "Doug Engelbart". <<http://www.ibiblio.org/pioneers/engelbart.html>> (01/07/08).

Larman, C. 2003. UML y patrones. Segunda edición. Pearson Educación, S.A, Madrid

Microsoft Corporation. 2003. Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta 2004. Microsoft Encarta Program Manager. Redmond

Sánchez, J. 1992. Historia de la ciencia, tecnología y militares (siglo XX), Editorial ARCON, D.F. México.

Schmuller, J. 2002. Aprenda UML en 24 horas. Prentice/Hall. México.

Luna, R y Chaves, D. 2001. "Factibilidad", <<http://www.irgltd.com/Resources/Publications/LAC/200103%20Estudios%20de%20Factibilidad%20de%20Proyectos%20Ecoturísticos-Guatemala.pdf>> (25/02/2008).

Krestonosich, S.; Britt, M.; Olivares, W.; Almeida, R.; Scharifker, B.; Agrifolio, G.; Iacocca, D.; De la Cruz, C.; Cortes, L.; Bifano, C. 1992, Disoluciones. Editorial MIRÓ, Venezuela.

Kas-Danouche, S. 2002. Nonlinear Interfacial Stability of Core-Annular Film Flows in the Presence of Surfactants. PhD thesis, New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ. U.S.A.

Kas-Danouche, S.; Papageorgiou, D y Siegel, M., 2009. Fluid Mech., vol 626, pp 415-448, Cambridge University Press, U.S.A.

Taha, H. 1998. Investigación de Operaciones, una introducción. Editorial PRENTICE HALL, Naucalpan de Juárez México

Thomas, T. 1982. Técnicas de simulación en computadores. Editorial Limusa. México.

Zoppke, T. 2004, "ENIAC SIMULATION: HISTORY". "Simulation", <<http://pagemifu-berlinde/zoppke/D/history.html>> (12/06/08).

GLOSARIO

Densidad Másica: Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (Kg/m^3).

Fluido: es un conjunto de moléculas que están dispuestas al azar y se mantienen juntas por medio de débiles fuerzas de cohesión, así como por fuerzas ejercidas por las paredes de un recipiente. Líquidos y gases son fluidos

Flujo: Movimiento ordenado de los fluidos

Interfaz: Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes

Simulación: consiste en un seguimiento a lo largo del tiempo de los cambios que tienen lugar en el modelo y tiene principal objetivo la predicción, es decir, poder mostrar lo que sucederá en un sistema real cuando se realicen determinados cambios bajo determinadas condiciones (Barceló, 1996).

Simulador: Aparato que reproduce el comportamiento de un sistema en determinadas condiciones, aplicado generalmente para el entrenamiento de quienes deben manejar dicho sistema

Surfactantes: Sustancia que reduce la tensión superficial de un líquido, y que sirve como agente humectante o detergente

Tensión superficial: Acción de las fuerzas moleculares en virtud de la cual la capa exterior de los líquidos tiende a contener el volumen de estos dentro de la mínima superficie

Viscosidad: Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

APENDICE

Apéndice A. Manual de usuarios

Acceso al PROTOTIPO PARA LA SIMULACIÓN DE UN FLUJO CENTRO ANULAR CON SURFACTANTES INSOLUBLES EN LA INTERFAZ ENTRE AMBOS FLUIDOS (HIPERIÓN) a través de Matlab 7.10

Antes que nada hiperión es un simulador diseñado para modelar un flujo de dos fluidos inmiscibles concéntricos y confinados a un tubo cilíndrico, con surfactantes insolubles en la interfaz entre ambos fluidos.

Para ingresar al simulador iniciamos Matlab 7.10 aparecerá la pantalla principal como la siguiente:

Figura A1. Pantalla principal de Matlab 7.10.

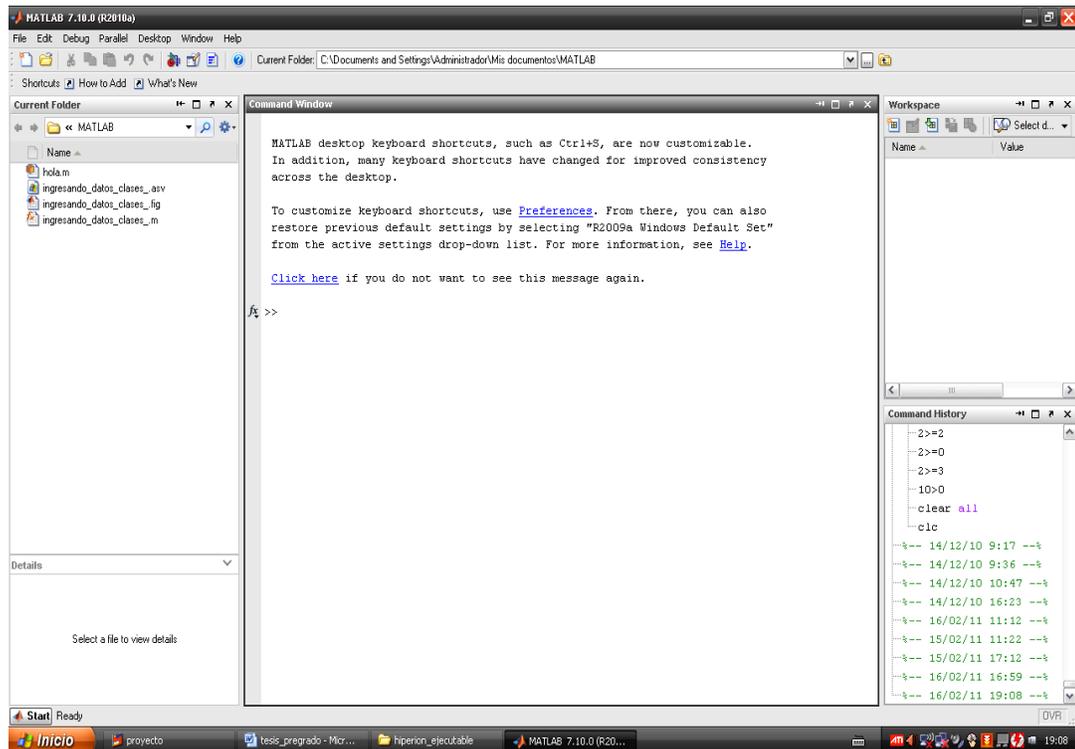
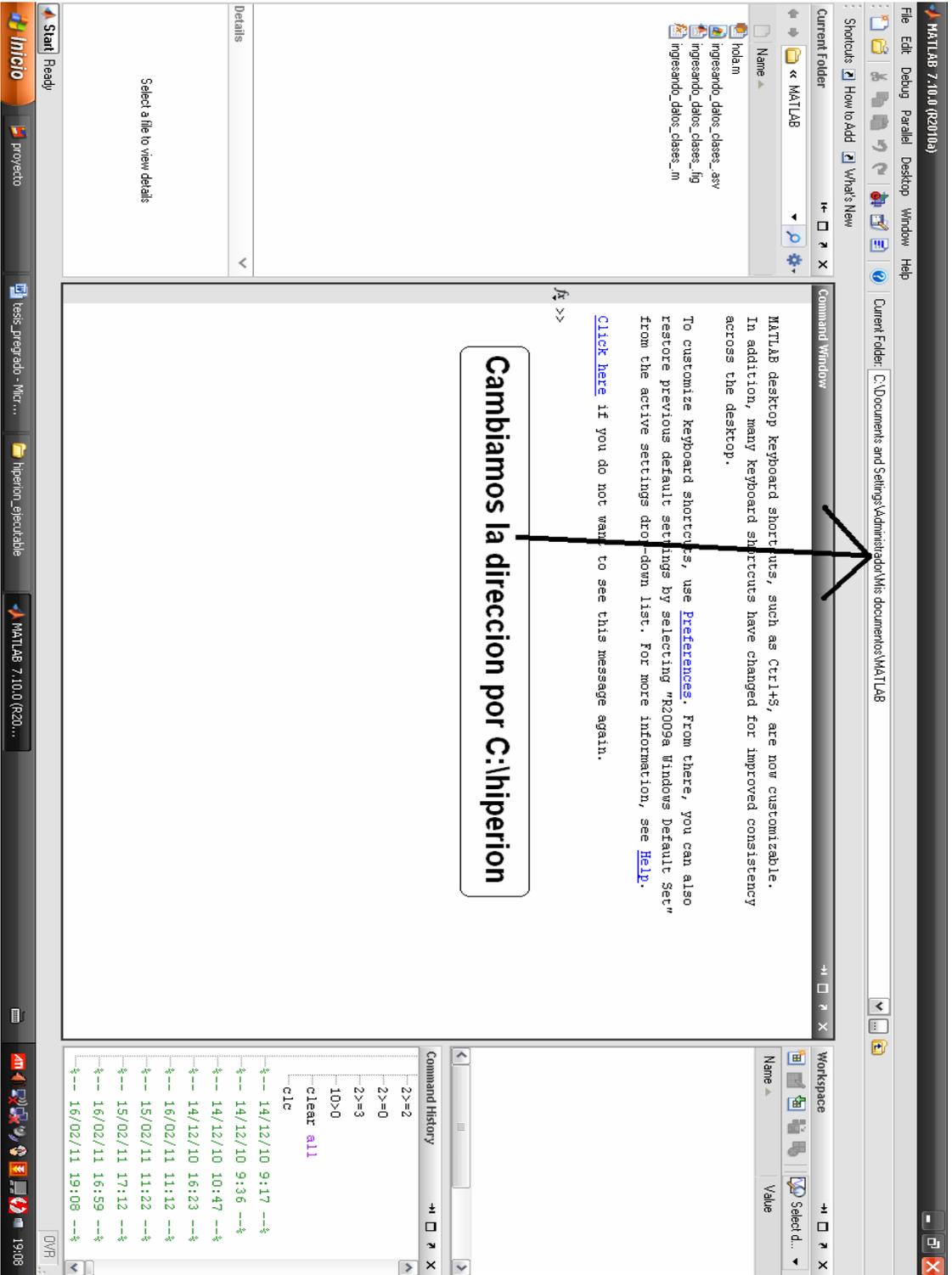
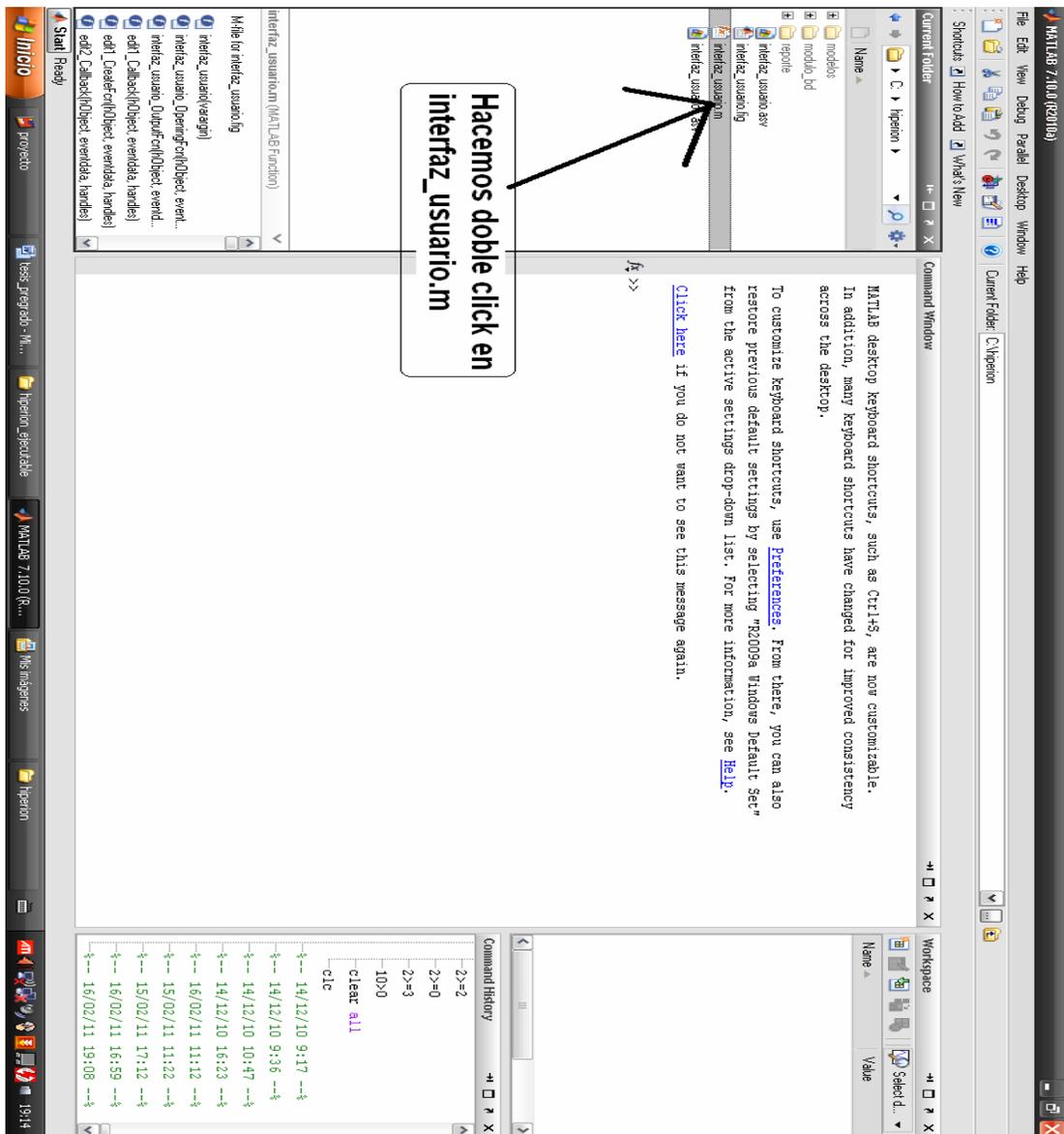


Figura A2. Cambio de dirección



Luego se busca cambiar la dirección por mostrada en la barra superior, donde aparece la frase **Current Fólder**, por la dirección “C:\Hiperion” como se muestra en la Figura A2. En el lado izquierdo de la pantalla se mostraran los archivos con extensión .m necesarios para poner en funcionamiento el prototipo. Seguido hacemos doble click en interfaz_usuario.m, como se muestra en la Figura A3.

Figura A3. Selección del archivo interfaz_usuario.m.



A Continuación, el editor de Matlab 7.10 mostrara el programa principal de Hiperión el cual se encuentra guardado en el archivo interfaz_usuario.m, desde el cual, una vez ejecutado podremos acceder a la interfaz principal del mismo y así hacer uso de sus funcionalidades.

Figura A4. Archivo principal de Hiperión.

```

1 function varargout = interfaz_usuario(varargin)
2 % INTERFAZ_USUARIO M-file for interfaz_usuario.fig
3 % INTERFAZ_USUARIO, by itself, creates a new INTERFAZ_USUARIO or the
4 % singleton*.
5 %
6 % H = INTERFAZ_USUARIO returns the handle to a new INTERFAZ_USUARIO
7 % the existing singleton*.
8 %
9 % INTERFAZ_USUARIO('CALLBACK', hObject,eventData,handles,...) calls the local
10 % function named CALLBACK in INTERFAZ_USUARIO.M with the given input arguments.
11 %
12 % INTERFAZ_USUARIO('Property','Value',...) creates a new INTERFAZ_USUARIO or raises the
13 % existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
14 % applied to the GUI before interfaz_usuario_OpeningFcn gets called. An
15 % unrecognized property name or invalid value makes property application
16 % stop. All inputs are passed to interfaz_usuario_OpeningFcn via varargin.
17 %
18 % *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
19 % instance to run (singleton)".
20 %
21 % See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
22
23 % Edit the above text to modify the response to help interfaz_usuario
24
25 % Last Modified by GUIDE v2.5 12-Dec-2010 21:36:07
26
27 % Begin initialization code - DO NOT EDIT
28 gui_Singleton = 1;
29 gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
30                    'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
31                    'gui_OpeningFcn', @interfaz_usuario_OpeningFcn, ...
32                    'gui_OutputFcn',  @interfaz_usuario_OutputFcn, ...
33                    'gui_Callback',   []);
34
35 % nargin && ischar(varargin{1})
36 gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});

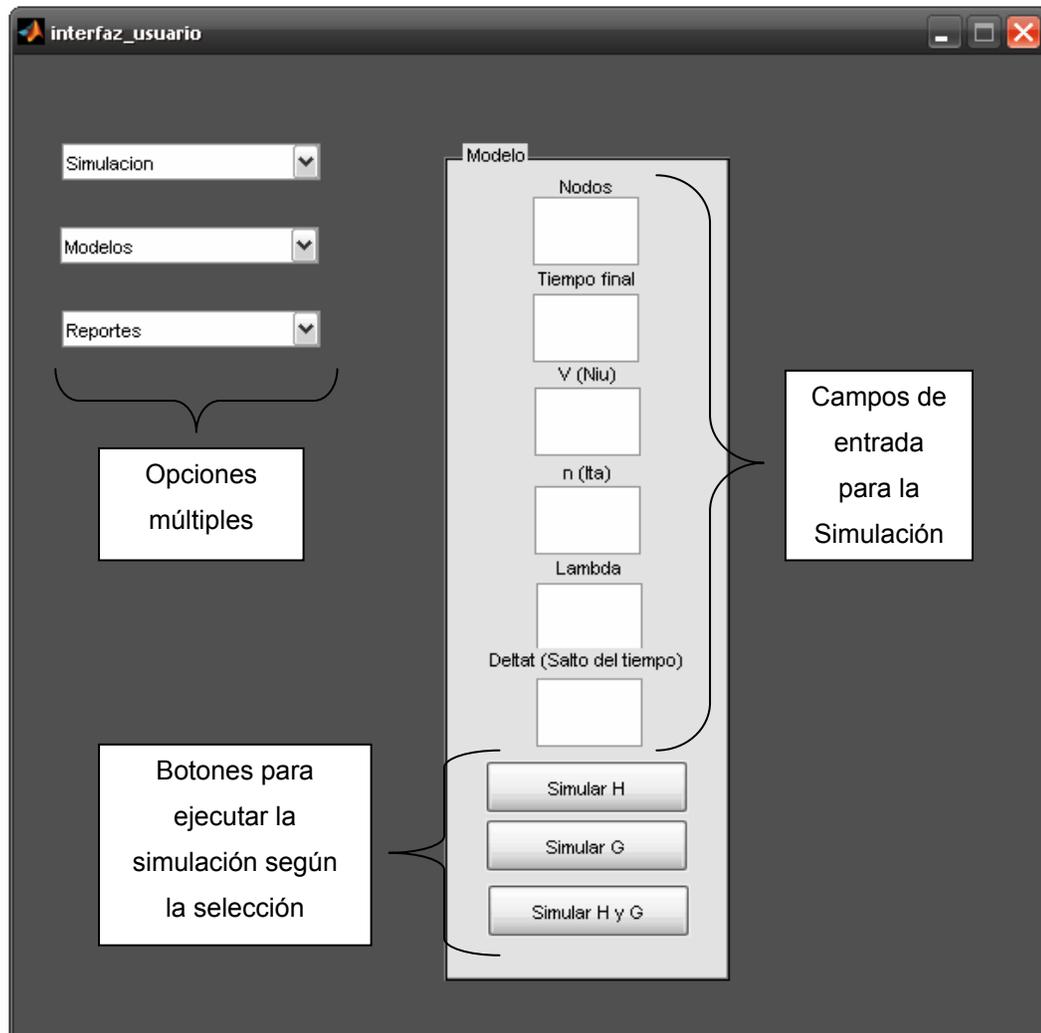
```

Hacemos click en el boton Run

Presionamos el botón RUN e inicia la ejecución del programa accedendo a Hiperión

Uso del Simulador Hiperión

Figura A5. Interfaz principal del prototipo de simulación



En la parte central de la pantalla, aparecen seis campos, el primero corresponde al campo nodos, el dato a suministrar debe ser un número que sea una potencia de dos (2), por ejemplo: $32=2^5$, $64=2^6$, $128=2^7$ y así sucesivamente. Este número representa la cantidad de puntos en el cual se

divide el eje axial z , que al usar transformadas rápidas de Fourier, representa la cantidad de nodos en el desarrollo en series de Fourier. El segundo campo corresponde al tiempo final de la simulación. El tercer campo V corresponde a π^2/L^2 el cual es un parámetro que resulta la transformar el sistema de $[0,1]$ periódico a $[0,2\pi]$ periódico. El cuarto campo, $l\tau_a=3\lambda/PeJ$, es un parámetro que se obtiene después de haber transformado el sistema, más específicamente en la ecuación de transformación de surfactantes, a su forma canónica. El quinto campo a Λ . Por último el campo Δt que corresponde al salto en el tiempo.

Figura A6. Interfaz secundaria del prototipo de simulación

The image shows a software interface for a simulation. The window title is "Interfaz_usuario_kas". On the left side, there are three dropdown menus labeled "Simulacion", "Modelos", and "Reportes". The main area is titled "Simulacion" and contains several input fields for parameters:

- Nodos
- Presion
- Viscosidad del fluido central miu1
- Velocidad inicial
- Viscosidad del fluido anular miu2
- Salto en el tiempo Deltat
- Difusividad masica
- Tiempo Final
- Longitud del Tubo
- Radio del fluido central Radio1
- Tension interfacial inicial sin surfactantes sigma cero

At the bottom of the main area, there are three buttons: "Simular H", "Simular G", and "Simular H y G".

Si observamos se tiene algunos mismos campos además de otros nuevos; entre estos se tienen: μ_{11} y μ_{12} quienes respectivamente son las viscosidad del fluido 1 y la viscosidad del fluido 2, σ_0 que es la tensión interfacial sin surfactantes, la difusividad másica que varía con respecto al caso en estudio al igual que la presión y la velocidad inicial, el r_1 que corresponde al radio del fluido 1 y por último la longitud del tubo que por ella misma se sobreentiende.

En caso de que se ingrese un campo no válido, éste mostrara un mensaje de error indicando el campo no válido; a continuación se expondrán algunos de estos mensajes.

Figura A7. Ejemplo de un mensaje de error correspondiente al campo nodos.



Figura A8. Ejemplo de un mensaje de error correspondiente al campo tiempo final



Figura A9. Ejemplo de un mensaje de error correspondiente al campo deltat (salto en el tiempo)

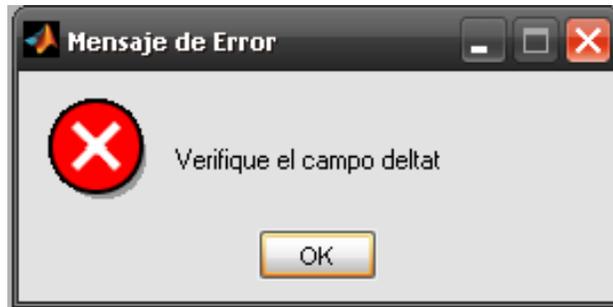


Figura A10. Ejemplo de un mensaje de error correspondiente al campo radio1 (radio del fluido central)



Una vez que el usuario haya introducido correctamente los datos requeridos y selecciones uno de los botones (Simular H ó Simular G ó ambos), este presentará una nueva ventana con la simulación de la interfaz entre ambos fluidos ó de la concentración de surfactantes ó de ambos casos (dependiendo del caso escogido). La Figura L11 muestra la interfaz entra ambos fluidos para el caso $Nodos=128$, $n(ita)=1$, $V(niu)=0.1$, $\Lambda=0$, $tiempofinal=30$ y $deltat$ (salto en el tiempo= 0.01), en algún instante de tiempo. En la Figura A12 se puede apreciar la concentración de surfactantes insolubles a lo largo de la interfaz y se corresponde con el mismo caso para el cual obtuvimos la Figura de la interfaz

Figura A11. Interfaz del flujo de dos fluidos

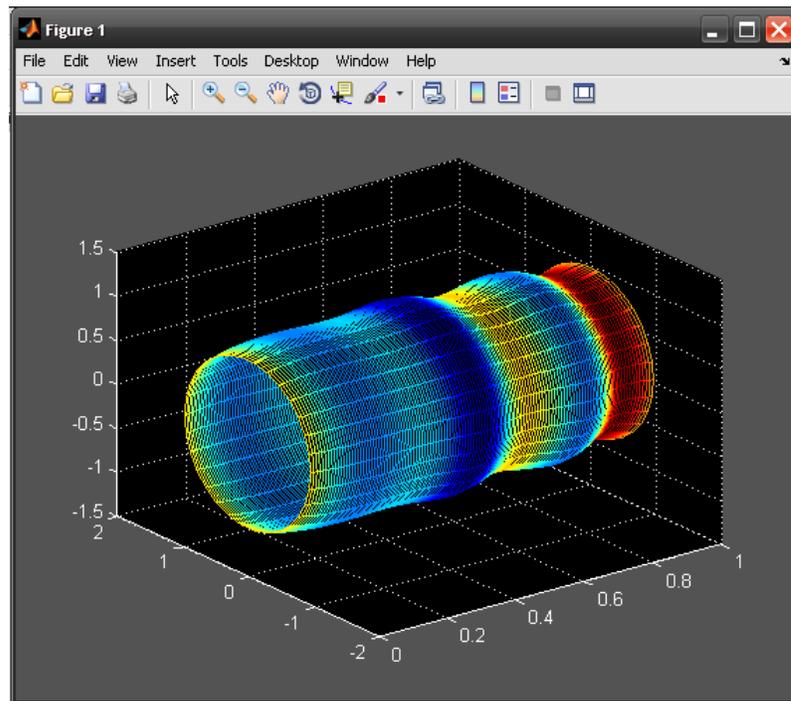
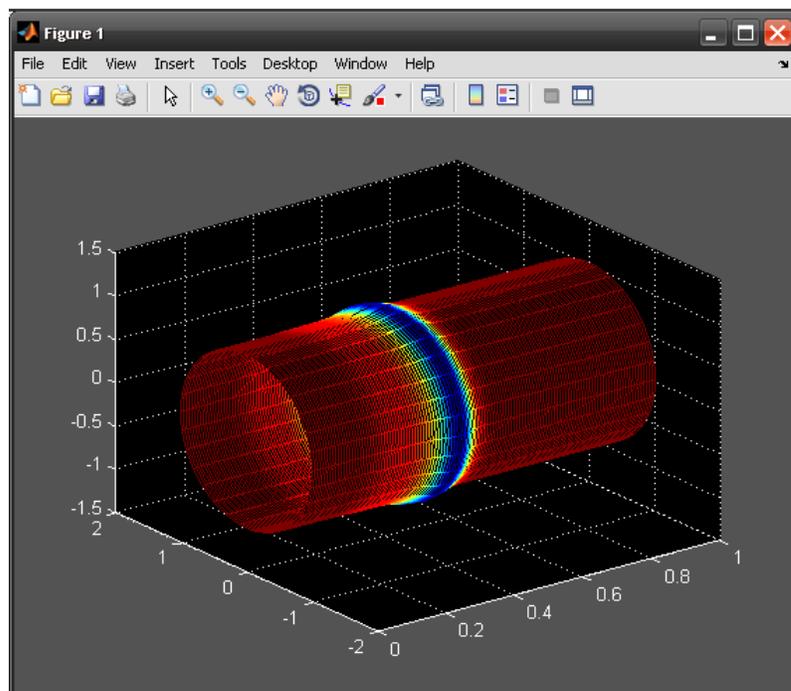
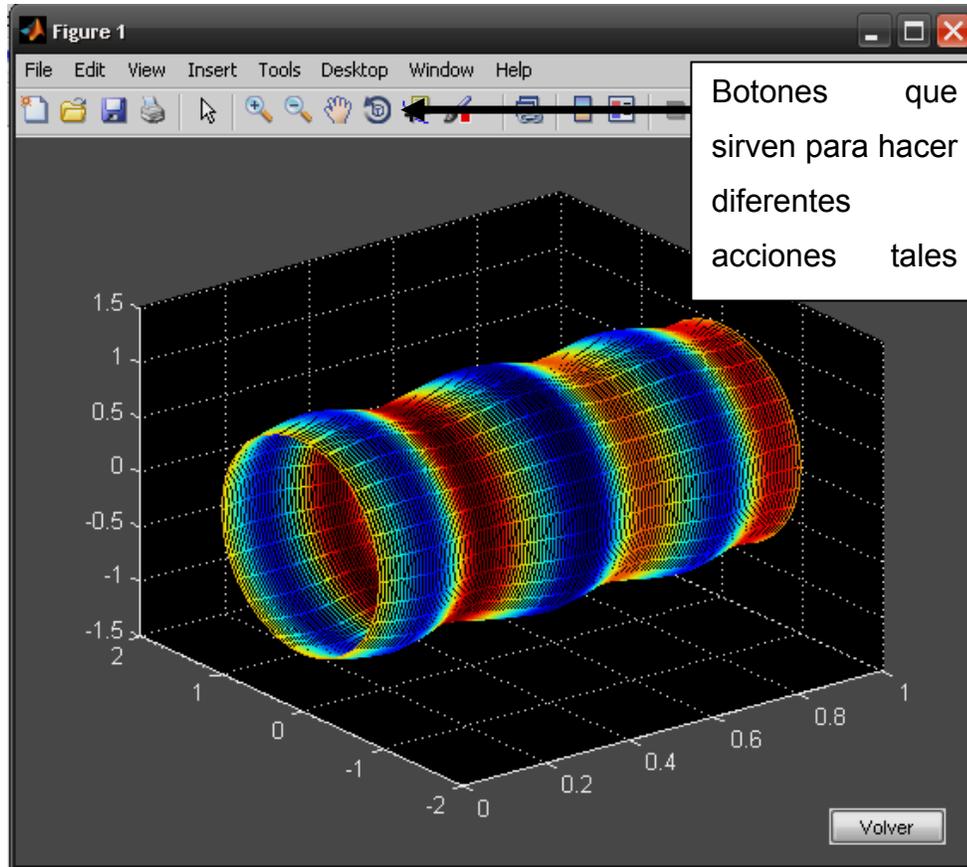


Figura A12. Concentración de surfactante insoluble a lo largo de la interfaz



Opciones Adicionales

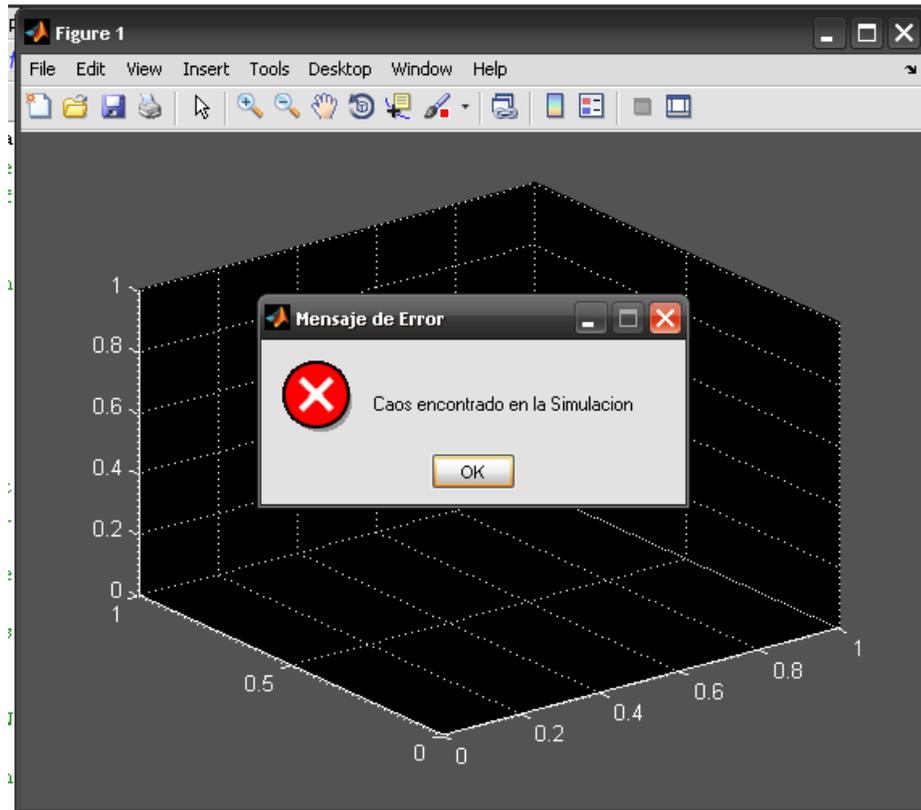
Figura A13 Opciones adicionales



Observación: si el usuario desea detener la simulación, en algún momento cualquiera, solamente debe presionar de manera simultanea las teclas especiales "Ctrl + C"

En caso de obtenerse algún problema durante la simulación, dicho error se anunciara de la siguiente forma:

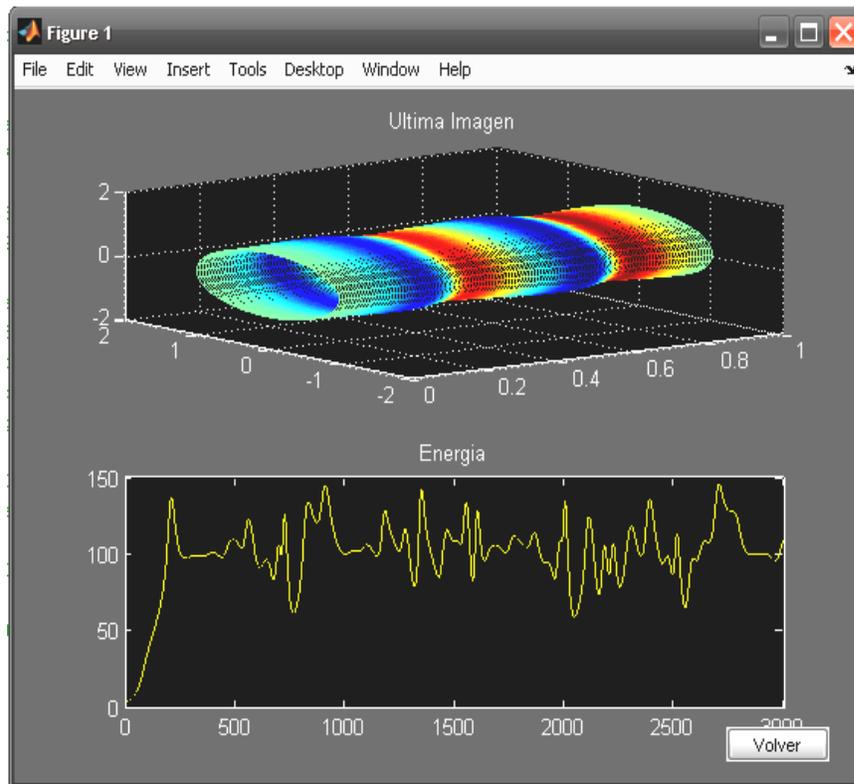
Figura A14. Error en la simulación



Ahora dado el caso que estemos en la ventana principal o en la secundaria y si el usuario requiere de algún reporte, sólo escoge en el popmenu reporte la opción que requiera, para nuestro caso Kas-danouche, pero en un futuro podrían ser reportes de otros modelos, y el simulador mostrará la siguiente pantalla:

2. Generar última grafica: este mostrará una nueva pantalla donde especificará la última interfaz del fluido y la energía.

Figura A16. Interfaz del fluido y energía.



3. Eliminar datos simulados: como su nombre lo dice esta eliminará algún dato que ya fue simulado.

Acceso al PROTOTIPO PARA LA SIMULACIÓN DE UN FLUJO CENTRO ANULAR CON SURFACTANTES INSOLUBLES EN LA INTERFAZ ENTRE AMBOS FLUIDOS (HIPERION) a través de un ejecutable portable.

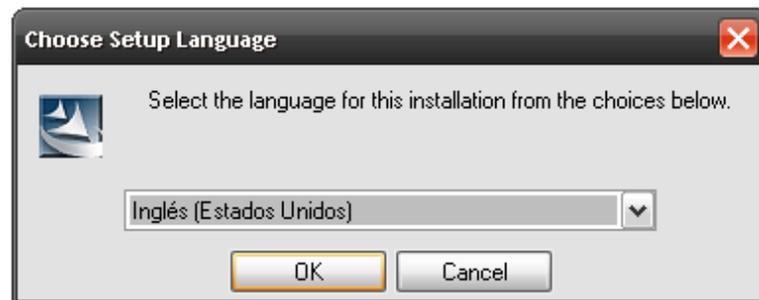
1. Para ingresar al simulador de forma portable primero se copia y pega el contenido de Hiperion_ejecutable en C:\

2. Se ejecuta el compiler runtime 7.13 de Matlab 7.10
3. Se instala dicho compilador



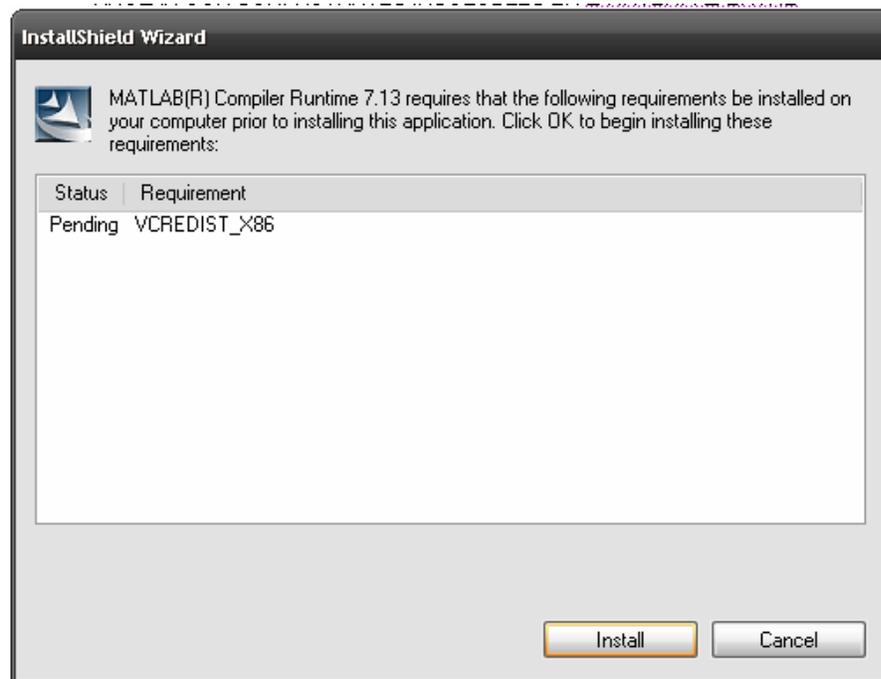
que se

Figura A17. Pantalla paso 1.



4. Se escoge el idioma, el cual será ingles

Figura A18. Pantalla paso 2



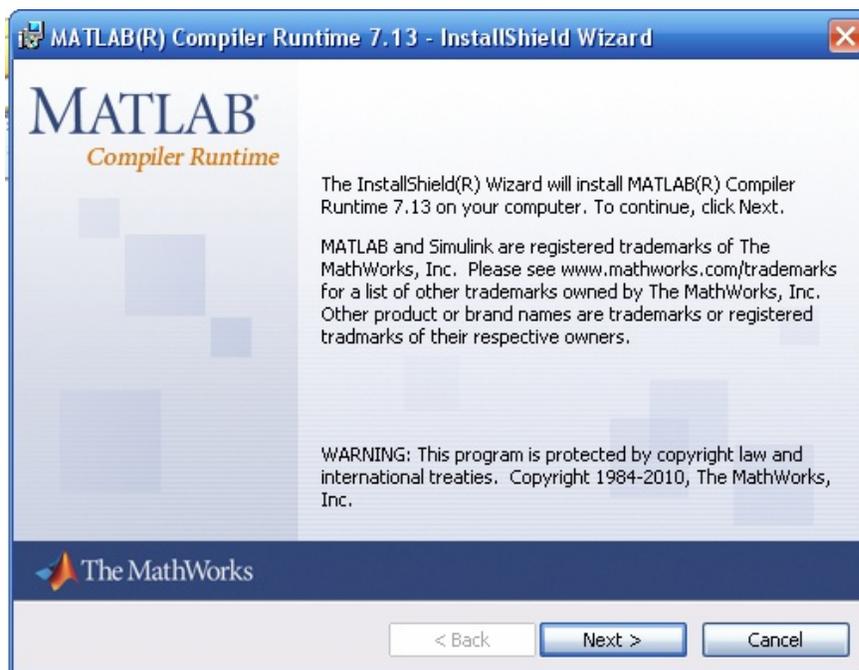
Se oprime el botón install y a continuación aparecerá la siguiente:

Figura A19. Pantalla paso 3.



5. Se continua con el botón next

Figura A20. Pantalla paso 4.



6. Se repite el paso anterior y se sigue así hasta el final para dar inicio a la instalación de compilador.

Figura A21. Pantalla paso 5.

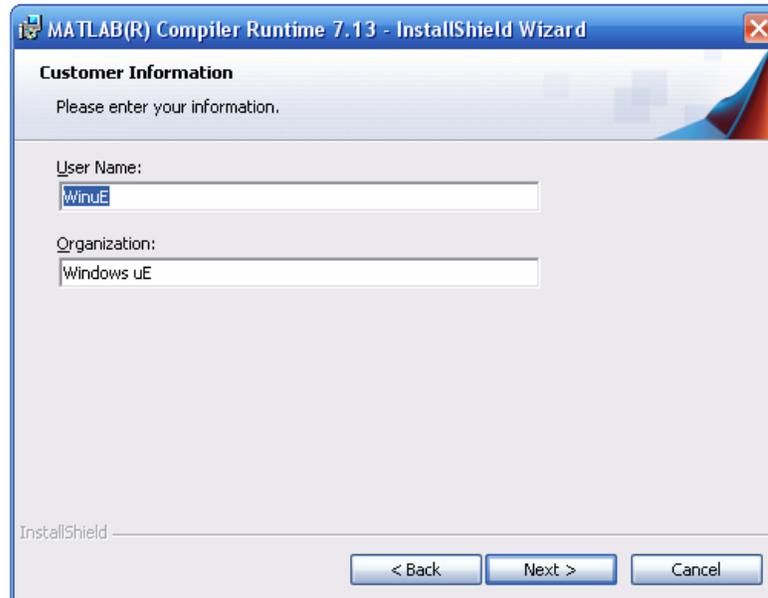


Figura A22. Pantalla paso 6.



Figura A23. Pantalla paso 7.



Figura A24. Pantalla paso 8.

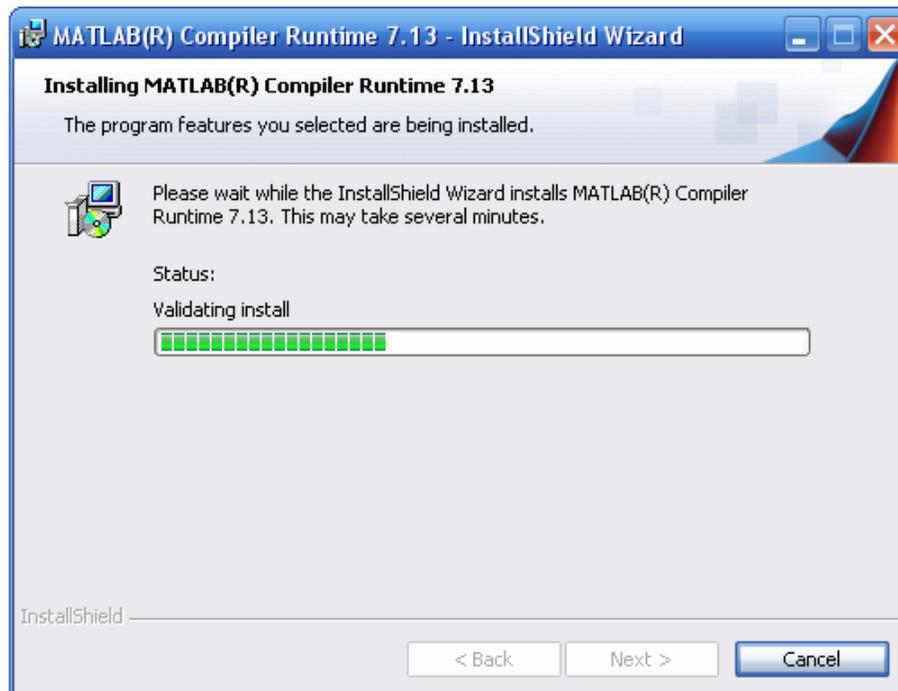
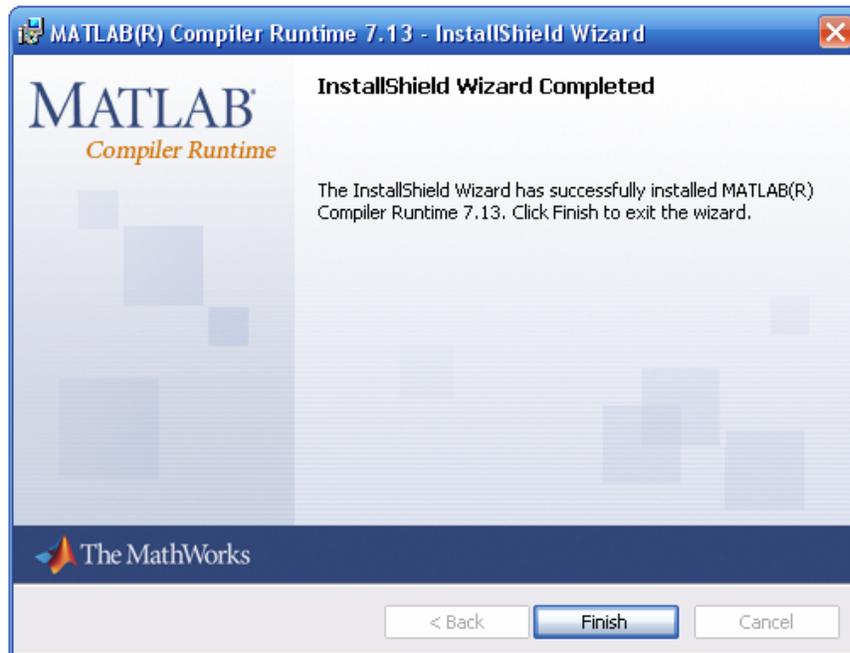


Figura A25. Pantalla paso 9.



7. después de haber instalado el compilador se puede dar pie al uso del simulador.

8. Se Hace doble click en el icono Hiperion  y este iniciara una pantalla parecida a ms-dos donde esta cargara toda la información necesaria para el uso de dicho simulador.

Figura A26. Carga del motor de Matlab 1.

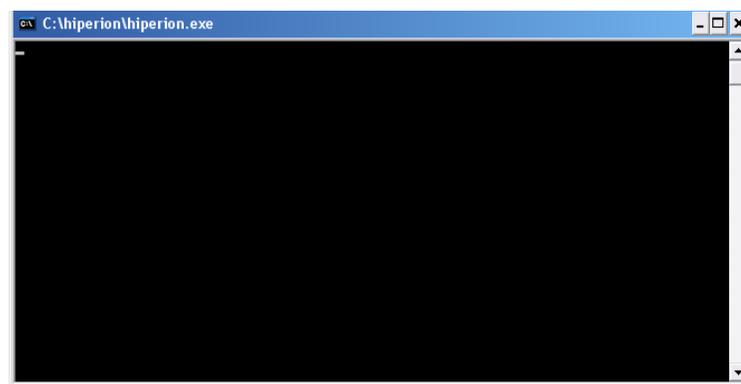
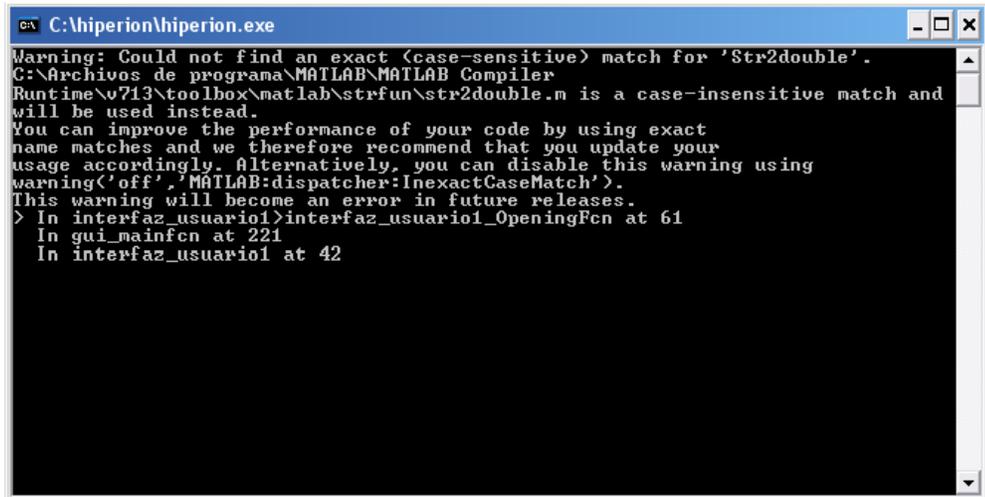


Figura A27. Carga del motor de Matlab 2.

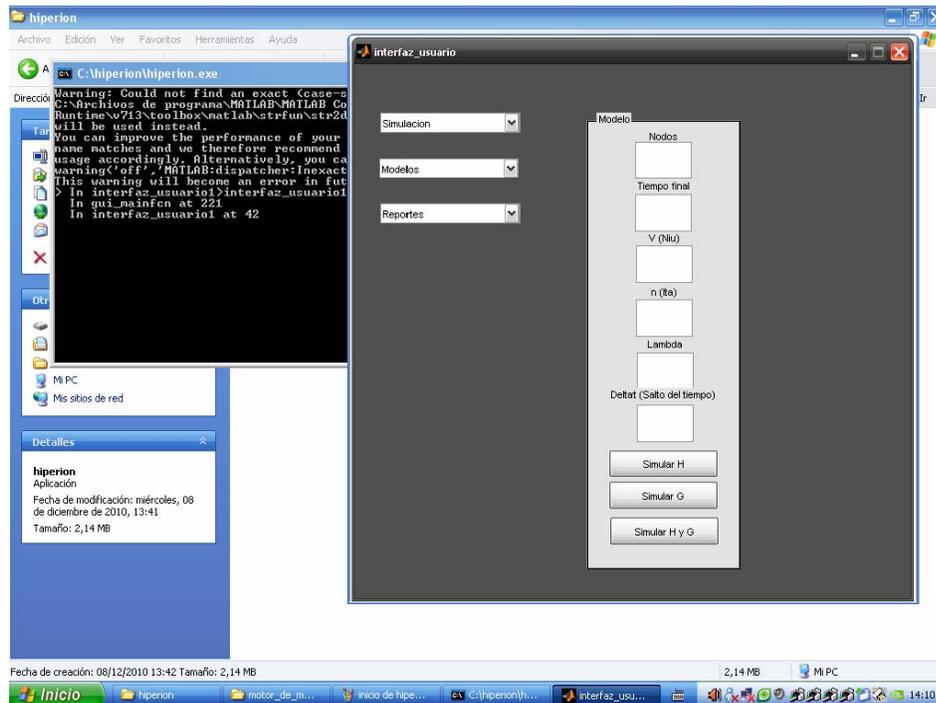


```

C:\hiperion\hiperion.exe
Warning: Could not find an exact (case-sensitive) match for 'Str2double'.
C:\Archivos de programa\MATLAB\MATLAB Compiler
Runtime\713\toolbox\matlab\strfun\str2double.m is a case-insensitive match and
will be used instead.
You can improve the performance of your code by using exact
name matches and we therefore recommend that you update your
usage accordingly. Alternatively, you can disable this warning using
warning('off','MATLAB:dispatcher:InexactCaseMatch').
This warning will become an error in future releases.
> In interfaz_usuario1>interfaz_usuario1_OpeningFcn at 61
   In gui_mainfcn at 221
   In interfaz_usuario1 at 42
  
```

- luego de cargar la información este mostrara la interfaz que ya conocida, donde las características del simulador presentado anteriormente son iguales

Figura A28. Interfaz usuario.



HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Prototipo para la simulación de un flujo centro anular con surfactantes insolubles en la interfaz entre ambos fluidos
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Makhedjian, Jacobo	CVLAC	15.934.405
	e-mail	Jacobomekhedjian678@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Densidad masica, fluido, flujo, interfaz, simulación, simulador, surfactantes, tensión superficial, viscosidad.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Informática

Resumen (abstract):

Se desarrolló un PROTOTIPO PARA LA SIMULACIÓN DE UN FLUJO CENTRO ANULAR CON SURFACTANTES INSOLUBLES EN LA INTERFAZ ENTRE AMBOS FLUIDOS. Se utilizó una metodología de Investigación de Operaciones, propuesta por (Taha, H. 1998), pero modificada a las necesidades del trabajo, esta consta de cinco (5) fases: (1) Analizar el modelo matemático del flujo centro anular con surfactantes insolubles: en esta fase se desarrolló entrevistas las cuales se identificaron las necesidades y requerimientos del trabajo existente. (2) Construir el algoritmo de simulación del modelo matemático: Se analizó diferentes diagramas lógicos usando el lenguaje de modelado unificado (UML por sus siglas en inglés), la cual respondió a las necesidades y requerimientos producto del análisis en el paso anterior. (3) Codificar el algoritmo usando un lenguaje de programación apropiado: acá se codificó el algoritmo usando Matlab 6.5 y 7.10, obteniendo la interfaz esperada. (4) Validar el simulador usando datos provenientes del modelo *Nonlinearinterfacialstability of core-annular film flows in thepresence of surfactants*, escrito por (Kas-Danouche, 2002): aquí se comparó los resultados obtenidos mediante la comparación de los datos de control y conservación de cantidades proporcionados por el trabajo, hecho en (Kas-Danouche, 2002). Y por último (5) Generar la imagen del fluido. Donde se mostró a través de una imagen tridimensional el comportamiento del fluido. El simulador desarrollado tiene como objetivo reflejar los resultados de (Kas-Danouche, 2007) en una imagen gráfica tridimensional, con la cual el personal no especialista en conceptos matemáticos pueda comprender, de manera rápida, el proceso que se suscita.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Kas-Danouche, Said	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 5699084
	e-mail	sak0525@gmail.com
	e-mail	
Romero, Carmen Victoria	ROL	CA <input checked="" type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 10947403
	e-mail	cvromerob@gmail.com
	e-mail	
Arguello, Rene	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 16879360
	e-mail	rarguello@udo.edu.ve
	e-mail	
Romero, José	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 13631597
	e-mail	jromero@udo.edu.ve
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2012	04	27

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS-MEKHEDJIANJ.DOC	Aplication/word

Alcance:

Espacial: NACIONAL (Opcional)

Temporal: TEMPORAL (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Licenciado en Informática.

Nivel Asociado con el Trabajo: LICENCIADO

Área de Estudio: Informática.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bushiruallah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLAÑOS CUMBELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Posgrado.

JABC/YGC/marija

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso- 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización".



Mekhedjian Jacobo
Autor



Kas-Danouche Said
Asesor