

METODOLOGÍA PARA EL PROCESO DE SIMULACIÓN MEPPS

José Manuel Cervantes Viramontes^a, Miguel Ángel García Sánchez^a, José de Jesús Escalera López^a, Verónica Torres Cosío^b, Eduardo García Sánchez^a

^aUniversidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica.
Av. López Velarde 801, Col. Centro, Zacatecas, Zac., México, 98000.
josercvant@yahoo.com, miguel.a.garcias@gmail.com, jelopez66@gmail.com,
eduardogarciasanche@gmail.com

^bUniversidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Docencia Superior,
Unidad de Posgrados, Torre 2, Av. Preparatoria s/n,
Frac. Progreso, Zacatecas, Zac., C.P. 98060. Tel. (492) 9256690.
vtorres09@uazavinci.edu.mx

Resumen

En este trabajo, se presenta una nueva metodología para efectuar el proceso de simulación científica, la cual está constituida por las siguientes fases o etapas: Concepto o Pre-producción, Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación, Validación y Verificación, Elaboración de Material Complementario y Conclusiones y Perspectivas, dicha metodología presenta fases y etapas similares a metodologías que se utilizan para la generación de Software, sin embargo, difieren en las actividades y productos a desarrollar dentro de las mismas. Además, es importante comentar que dicha metodología sirve como una guía para la generación de artículos científicos, ya que define una secuencia de pasos y actividades que se requiere seguir durante un proceso de simulación, y los productos de estos, nos permiten generar el contenido que comprendería un artículo científico. Fomentando competencias investigativas en los agentes implicados.

Palabras clave: Simulación, Metodologías, Conocimiento científico, Desarrollo de programas, Diseño de programas.

1. Introducción

Para adquirir conocimiento, describir, explicar y predecir el comportamiento de algún determinado fenómeno, los investigadores han tenido la necesidad de establecer modelos teóricos que permitan hacer interpretaciones de diversos fenómenos naturales (ver figura 1), que en la mayoría de los casos, se inclinan por generar una teoría analítica o realizar simulaciones por computadora, otra opción que se puede presentar

y que no es tan común, es que se lleven a cabo las dos alternativas al mismo tiempo. Por otro lado, otra opción que se tiene para entender el comportamiento de un determinado fenómeno, es efectuar experimentos directamente con el Modelo o Sistema Real [1], que tiene como finalidad obtener datos experimentales, los cuales al efectuar una comparación con los resultados de la simulación por computadora, o con, los resultados obtenidos por medio de la teoría analítica, nos permiten efectuar la validación del modelo de simulación, o la

validación de la teoría analítica. Sin embargo, es posible que del Modelo o Sistema Real no se puedan obtener datos experimentales, y en este caso, solamente se podrá efectuar una comparación entre los resultados obtenidos de Simulación con los de la(s) teoría(s) analíticas, con lo cual, se tendría la validación del modelo teórico [2].

Fue en el siglo pasado cuando surgen los primeros estudios de simulación por computadora, entre los cuales, se puede mencionar uno realizado en los años 30's, donde se llevó a cabo la primera simulación computacional de un líquido en el Laboratorio Nacional de los Alamos en Estados Unidos [3], este fue uno de los hechos que marco los inicios de la simulación por computadora. Por otro lado, es importante mencionar que uno de los primeros estudios, en donde una simulación por computadora permitió generar información vital para predecir el comportamiento de un Modelo Real, que en su momento no se podía resolver de manera analítica, y que de efectuarse experimentalmente y bajo condiciones controladas de laboratorio, resultaba muy caro y llevaría mucho tiempo realizarlo, se presentó durante los años 40's, cuando a través de un proceso de simulación efectuado por Stanislaw Ulam y Jhon Van Neumann [4], que tenían como objetivo estudiar problemas probabilísticos de hidrodinámica concernientes a la difusión de neutrones en el material de fisión, pudieron recrear en un ordenador los comportamientos que presentaban los neutrones, que permitieron entender cómo sería una detonación nuclear, lo que tiempo después llevo al desarrollo de la bomba atómica. Este hecho, impulso enormemente los esfuerzos de investigadores y gobiernos en promover y mejorar procesos de simulación confiables y de calidad para representar modelos reales. Figura 1

A pesar de que la simulación por computadora permitió en sus inicios avances importantes y programas sumamente complejos, el desarrollo para la generación de estos, no implicaba ningún tipo de planificación y documentación a seguir, y la generación de los algoritmos del programa de simulación, implicaba que el desarrollador de programas de simulación, generará líneas de código y efectuará modificaciones a prueba y error de estas. Es de sorprenderse, que dicho procedimiento aún en la actualidad se siga utilizando en algunos casos para la generación de programas de simulación. Esta falta de definir una planeación en el desarrollo de programas de simulación impacta de manera directa en su calidad, confiabilidad, cantidad de líneas de código, problemas de mantenimiento, compatibilidad, etc. Con la intención de resolver esto, y ante la necesidad de determinar el orden y la forma de llevar a cabo las ac-

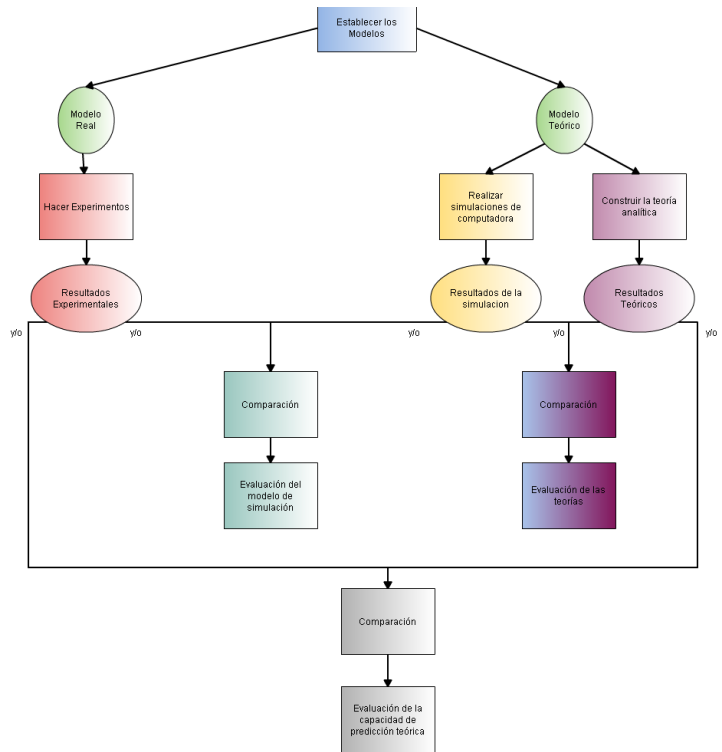


Figura 1. Esquema del proceso de decisión sobre el tipo de modelo de investigación.

tividades que se requieren para la generación de los programas de simulación, los investigadores se vieron en la necesidad de generar métodos o modelos, que de manera general se puede definir, como la especificación de una secuencia de acciones y actividades orientadas a un propósito determinado (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012), en donde los métodos más utilizados en ingeniería de software son: en cascada, en prototipos, en V, desarrollo rápido de aplicaciones, incremental y en espiral (Braude, 2003; Presmann, 2010; Sommerville, 2007).

Sin embargo, considerando que en la actualidad los desarrolladores de software o programas de simulación tienen en la mayoría de los casos, como objetivo primordial, la generación y desarrollo de programas de simulación confiables y de calidad que permitan describir algún fenómeno o realidad, es necesario que adopten una metodología a seguir. Aunque es común utilizar los conceptos de método y metodología como sinónimos, difieren en lo siguiente, una metodología por un lado, puede ser una combinación de métodos o modelos ya existentes utilizados en ingeniería de software (ciclo de vida, de codificar, evolutivo, etc.) y que nos dan origen a las etapas y fases de producción de esta [5, 6, 7], y por otro lado, se puede definir como un marco o forma de trabajo, que es utilizado como una guía de todas las acciones, tareas y actividades que se necesitan llevar

a cabo para el desarrollo de software (métodos o modelos), así como se especifican los artefactos a utilizar y generar, y las relaciones entre ellos, lo que permite en su momento, poder organizar el proceso de desarrollo del programa de simulación definiendo pautas a seguir, restricciones a cumplir y las reglas y limitaciones propias de dicha metodología [8].

Es importante mencionar que las fases y etapas descritas en las metodologías, que son utilizadas para efectuar simulaciones y que se encuentran reportadas en la Literatura, difieren en las actividades y tareas a desarrollar dentro de estas [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Las causas que pudieran estar relacionadas con esta falta de uniformidad en las actividades, productos e información, que se debe generar en cada fase o etapa que comprende una determinada metodología, se puede deber a:

- Desconocimiento o no implementación de alguna Metodología para la generación del programa de simulación.
- Nula o poca experiencia en desarrollo de proyectos relacionadas a desarrollar procesos de simulación.
- Los perfiles de los agentes implicados, influyen en la toma de decisión sobre qué actividades, productos e información son relevantes en cada etapa o fase de la metodología.
- La temática de la revista, el tipo de recurso bibliográfico en el que será publicado, la cantidad de contenido o las apreciaciones de los revisores determinan el tipo de contenidos que son relevantes para la publicación.
- Deficiencias en el proceso enseñanza-aprendizaje de los agentes implicados sobre implementación de metodologías para la generación de programas de simulación.
- Que los agentes implicados no hayan llevado asignaturas cuyos contenidos y competencias estén enfocadas en la implementación de metodologías para la generación de programas de simulación.

En otro contexto, el concepto de competencia en educación según el proyecto Tuning América Latina [18] es:

[...] se presenta como una red conceptual amplia, que hace referencia a una formación integral del ciudadano, por medio de nuevos enfoques, como el aprendizaje significativo, en diversas áreas: cognoscitiva (saber),

psicomotora (saber hacer, aptitudes), afectiva (saber ser, actitudes y valores)?abarca todo un conjunto de capacidades que se desarrollan a través de procesos que conducen a la persona responsable a ser competentes para realizar múltiples acciones (sociales, cognitivas, culturales, afectivas, laborales, productivas), por las cuales proyecta y evidencia su capacidad de resolver un problema dado dentro de un contexto específico y cambiante? [19].

En este sentido, Álvares, Orozco y Gutierrez [20] encontraron que las deficiencias relacionadas con la formación de competencias investigativas, están relacionadas directamente con la asignatura de Metodología de la Investigación, además de puntualizar que:

[...] las competencias investigativas generan en los alumnos de educación superior un aprendizaje significativo de saberes especializados y desarrolla habilidades en la investigación, a través del uso de herramientas que les permiten plantear, diseñar y ejecutar proyectos de investigación, utilizando resultados obtenidos para orientar la toma de decisiones, para solucionar problemas inmediatos y prospectivos, para construir teoría que desemboque en acciones innovadoras, para retroalimentar su práctica profesional y su conducta social [21].

En otros estudios, Bazaldúa [22] consideran que para que un agente implicado pueda desarrollar la competencia investigativa, es necesario desarrollar trabajos de investigación.

Tomando en consideración las causas y la información descrita anteriormente, y salvo los casos en que por decisión de los agentes implicados o como resultado del proceso de publicación de los resultados de simulación, se puede inferir que existe un problema importante en la formación de competencias investigativas de los agentes implicados, relacionado al uso de metodologías establecidas para la generación de programas de simulación, como lo siguieron Álvares, Orozco y Gutierrez [20]. Este trabajo tiene como objetivo principal, mejorar la formación de competencias investigativas, de aquellos agentes implicados dedicados a la investigación, que terminaron su formación profesional y que presentan las siguientes dificultades: desconocen una metodología, presentan deficiencias en el proceso-enseñanza aprendizaje o no tienen la experiencia suficiente en desarrollar proyectos de simulación. Lo anterior se llevará a cabo mediante la generación de una metodología que englobe las actividades, metas y productos más importantes que se requieren para efectuar y documentar el proceso de simulación.

Por otro lado, en la mayoría de los casos de investigación, uno de los objetivos principales de los agentes implicados que efectúan el proceso de simulación, es la publicación de sus resultados a través de un artículo científico, para que pase a formar parte del conocimiento científico [23, 24, 25, 26]. Por lo general, una gran cantidad de publicaciones consideran que las secciones principales que presenta un artículo de investigación son: Resumen, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones, Perspectivas y Referencias, que al contrastar la documentación que se generaría al utilizar la metodología que se propone en el presente trabajo, se puede generar el contenido necesario para generar un artículo de investigación.

2. Metodología para el proceso de simulación MEPPS

La metodología que se presenta en este trabajo, está dividida en 8 etapas: concepto o pre-producción, análisis, diseño, desarrollo, implementación, validación y verificación, elaboración de material complementario y conclusiones y perspectivas. A continuación, se presenta una descripción detallada de la información detallada y del procedimiento que se debe seguir en cada una de ellas.

Concepto o Pre-producción

Esta etapa consiste en especificar la siguiente información:

- Concepción y justificación del proyecto. Descripción detallada de la idea de investigación que motivo a estudiar determinado fenómeno o realidad y su respectiva justificación, lo cual se puede dar a través de investigar: antecedentes históricos, Conceptos y definiciones, aplicaciones, trabajos anteriores, etc.
- Agentes implicados. Grupo multidisciplinario que efectuará el estudio de simulación, en donde cada agente implicado, tiene que asumir un rol desarrollando actividades, a través del tipo de contribución que aportará en el proceso de simulación.

Análisis

Esta etapa o fase comprende las siguientes actividades:

- Objetivos de investigación. Se definen los objetivos generales y específicos de la investigación que se plantean para efectuar la simulación, y en su momento, plantear y comprobar la hipótesis (si la hubiera) de investigación.

- Recolección de datos experimentales. Se recolectan datos experimentales referentes al fenómeno de estudio, que, en su momento, serán el punto de comparación con los resultados que se obtengan de la simulación. En esta etapa, son datos que se encuentran reportados en la Literatura.
- Enfoque de investigación. Se define si el enfoque de investigación es de tipo cuantitativo, cualitativo o mixto [27], lo que permite definir y considerar, en su momento, la forma en la cual se va a llevar a cabo el proceso de simulación y, como sería la comparación de los resultados de simulación con los datos experimentales.
- Identificación, análisis y selección de factores. Como producto de la revisión de la Literatura, se identifican que parámetros y/o variables son importantes para describir y predecir el comportamiento del fenómeno o del modelo teórico, como influyen sobre dicho comportamiento, cuales son más importantes, que restricciones presentan, si existen instrumentos de medición, etc.
- Análisis de sensibilidad de modelos no formales, conceptuales o teóricos, se especifican que comportamientos se obtienen a través de modelos teóricos, que describan, expliquen, analicen y/o traten de predecir al fenómeno de estudio.
- Hipótesis o resultados esperados. Se especifica la hipótesis de investigación [27].
- Entorno de trabajo, equipo y sus características. Se selecciona el lugar y el equipo con el que se desarrollará la simulación, se especifican las características del mismo, así como otros recursos a disposición para llevar a cabo la investigación, como, por ejemplo, si se cuenta con el servicio de internet.
- Perfil de usuario. Se definen las características que tendrá el usuario que llevará a cabo las simulaciones.
- Identificación de elementos. En el caso, de que se considere que el programa de simulación presente una interface, para la cual, se requieren precisar los elementos (textos, imágenes, videos, etc.) y las características que debe tener.
- Requerimientos funcionales. Son los requerimientos generales que debe cumplir el programa de simulación para poder efectuar la simulación.

Diseño

Esta fase consta de las siguientes actividades:

- Generación o selección del modelo no formal, conceptual o teórico. Se definen, generan o seleccionan las expresiones analíticas que comprenden al modelo no formal, conceptual o teórico, así como se especifican las simplificaciones implícitas efectuadas al generarse dicho modelo.
- Parámetros y variables del modelo no formal, conceptual o teórico. Se describen que parámetros y variables presenta el modelo no formal, conceptual o teórico, así como se identifican variables de estado [1] y cuáles son parámetros o variables de entrada, internos y de salida [9].
- Restricciones de los parámetros o variables del modelo no formal, conceptual o teórico. En base al desarrollo y generación del modelo no formal, conceptual o teórico, a la comparación con diferentes desarrollos analíticos y de simulación que utilizan el mismo modelo, a la validez del modelo, al excluir regiones o casos en los que el modelo no permite encontrar resultados, etc., se pueden definir intervalos en los cuales los parámetros o variables del modelo tiene resultados confiables y puede ser desarrollada la simulación.
- Definición del campo de actuación del modelo no formal, conceptual o teórico. Existen modelos: no formal, conceptual o teórico que describen o predicen diferentes comportamientos, fenómenos, regiones en las cuales son válidos, etc., que, en función del fenómeno a simular, se requiere especificar y delimitar el área, región o intervalo en el cual se desea llevar a cabo la simulación.
- Metodología teórica del proceso de simulación. Se define el desarrollo teórico o analítico que se debe efectuar con el modelo no formal, conceptual o teórico para efectuar la simulación.
- Diagrama de bloque. Es la representación gráfica que describe la estructura, contenidos, componentes, actividades, procesos y el funcionamiento, en base a la metodología teórica del programa de simulación.
- Diagrama de flujo. Es la representación gráfica del algoritmo o del proceso que se requiere para generar el programa de simulación.
- Mapa de Navegación. Representa todas las relaciones de jerarquía y secuencia del programa de simulación.

- Edición de plantillas. Describe el diseño de la interfaz [5, 6, 7] en la cual el usuario podrá efectuar la simulación.
- Edición de elementos de control. Se definen los tipos y características de los elementos de control, que permitirán al usuario interactuar con el ordenador y llevar a cabo la simulación.

Desarrollo

En esta fase se desarrollarán las siguientes actividades:

- Selección de las herramientas de desarrollo. Se selecciona el software destinado a la generación del programa de simulación y que cumple con las especificaciones descritas en la fase de Diseño.
- Obtención y selección de parámetros o variables externas al modelo no formal, conceptual o teórico. En el caso, que no se cuente con algún parámetro o variable, y que no pueda obtenerse directamente del modelo, es en esta etapa en donde se lleva a cabo la generación de estos, mediante la experimentación, desarrollo teórico u otro modelo de simulación.
- Edición de los elementos del programa. Se deben generar los elementos que serán utilizados para la generación de la interface del programa de simulación.
- Manual Técnico. En el caso en el que las herramientas de desarrollo no cuenten con un manual técnico, es preciso generarlo, ya que en él se describe detalladamente las sentencias, códigos, ligas, incorporación de elementos, etc., que se requieren para generar el programa de simulación, además, de que es útil para guiarse en aquellos casos que se tenga que efectuar una modificación o darle mantenimiento al programa.

Implementación

Esta etapa comprende efectuar las siguientes actividades:

- Programación del modelo formal, de simulación o computacional. En esta parte, se generan los códigos y/o algoritmos del programa de simulación en base al diagrama de bloques y de flujo, así como se genera la interfaz del programa, enlazando los elementos y el código, tomando en cuenta la estructura y secuencia propuesta en la fase de diseño, y dando como resultado la generación del programa de simulación.

- Depuración del programa de simulación. Durante el proceso de generación del programa de simulación, se pueden generar errores de compilación en tiempos de ejecución y errores de ejecución, entre los que se pueden mencionar los errores de sintaxis, procesos no válidos, lógicos, etc., estos errores son detectados en la fase posterior de validación y verificación, pero es en esta fase, en donde se procede a corregir el programa de simulación.
- Algoritmos del programa de simulación. Se genera el código de los algoritmos que componen el modelo computacional o formal.

Verificación y Validación

En esta fase, se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Verificación del modelo no formal, conceptual o teórico. En esta actividad, se debe llevar a cabo, por expertos en el área del conocimiento donde este enmarcado el modelo, un proceso de verificación de que el modelo no formal, conceptual o teórico fue generado acorde a procedimientos y metodologías teóricas analíticas propias del área del conocimiento correspondiente.
- Validación del modelo no formal, conceptual o teórico. Se debe efectuar la validación del modelo no formal, conceptual o teórico, para analizar si es capaz, en una primera instancia, de ser representativo del modelo real, en otra instancia, comparar resultados entre modelos que analicen al modelo real, y en última instancia, investigar si el modelo no formal ha sido utilizado parcialmente para representar el modelo real.
- Verificación del Modelo Formal, de simulación o computacional. Para efectuar la verificación se requiere efectuar una revisión exhaustiva para determinar que el modelo formal, de simulación o computacional, cumpla con los requisitos de diseño, además, de verificar que el modelo no formal, conceptual o teórico fue correctamente implementado en los algoritmos que comprenden el programa de simulación, así como en la generación de la interface y los elementos que componen el programa.
- Validación del Modelo Formal, de simulación o computacional. Esta actividad depende de que la verificación del modelo formal sea correcta, en caso de cumplirse, la validación del modelo formal, de simulación o computacional se lleva a cabo efectuando corridas de prueba en varios escenarios:
 - a) introduciendo parámetros o variables de entrada válidos y que cumplan con sus restricciones correspondientes y ejecutar el programa, b) introduciendo parámetros o variables de entrada no válidos, o que no cumplan con sus respectivas restricciones y ejecutar el programa. En los casos en los que se presenten errores, se debe retroceder a la etapa de implementación, para identificarlos y corregirlos.
- Diseño de experimentos de simulación. Se requiere encontrar inicialmente mediante corridas de prueba y un análisis riguroso, el tiempo de arranque del programa, el tiempo promedio para efectuar una simulación y el número de simulaciones o de ciclos mínimo que se requieren para obtener datos confiables de simulación, a continuación, delimitar el campo de actuación, tanto del modelo no formal como del formal, definiendo rangos y dominios de los parámetros o variables del modelo no formal, y que permitan obtener datos utilizando el modelo formal, para que en su momento, puedan ser utilizados para efectuar una comparación con el modelo real. Finalmente, se tiene que describir cómo se va a llevar a cabo las simulaciones, esto es, como variarían los parámetros y variables durante el proceso de simulación, que operaciones se estarían ejecutando y en qué orden, cuando y como se modificarían los valores de estas, etc.
- Optimización. En esta actividad, se deben definir estrategias como: generar códigos, manipular variables o parámetros, graficar, inferir resultados, ajustar, etc., que permitan optimizar y acelerar el proceso de simulación.
- Verificación operacional o de resultados. En el caso de poder contar con datos reportados en la Literatura para el mismo modelo no formal, se puede efectuar una calibración del modelo formal, al ingresar los mismos valores de los parámetros y variables de entrada con sus respectivas restricciones al programa de simulación, y con los resultados obtenidos, compararlos con los resultados reportados en la Literatura. Después se procede a efectuar las corridas de simulación para generar datos de la simulación, los cuales, son capturados y almacenados para efectuar la documentación y su análisis correspondiente. En esta etapa, se debe efectuar una verificación de todos los datos de simulación, con el fin de verificar que los valores encontrados son reproducibles, y en caso de que no, cuál sería el margen de error entre ellos.

- Procesamiento de los datos de simulación o experimentales. Para poder efectuar una comparación entre el modelo real y los datos de simulación, en muchos casos se requiere definir alguna metodología o procedimiento para llevarlo a cabo, como puede ser: conversión de unidades, despejes, sustitución, generación de expresiones analíticas, ajuste de parámetros o variables, etc.
- Validación predictiva o de resultados. En esta etapa, y al comparar los resultados obtenidos con el modelo formal con los resultados experimentales del modelo real, se puede tener una validación predictiva cualitativa, en donde solo se prediga cualitativamente a través del modelo no formal el comportamiento del modelo real, esto es, validar que el programa de simulación cumpla con los objetivos para los que fue creado. Otra alternativa y es a lo que se aspiraba al iniciar la simulación, tener una validación predictiva cuantitativa, en donde exista un margen de error poco significativo entre los datos obtenidos con el modelo formal y los datos experimentales del modelo real.
- Análisis de sensibilidad de resultados. Es esta sección, se efectúa un análisis para detectar que parámetros o variables tienen un mayor efecto sobre los resultados que se obtienen a partir del modelo formal, y que permitan mejorar la representación o el comportamiento que presenta el modelo real.
- Interpretación de los resultados. En esta parte, se tiene que describir primeramente cual fue el nivel de concordancia de los resultados que se obtuvieron con el modelo formal al compararlos con los datos experimentales del modelo real, así como explicar porque se pudo o no se pudo predecir dicho comportamiento. Por otro lado, se debe efectuar una descripción cualitativa de los resultados que se obtuvieron, y si están en concordancia con comportamientos, reglas, leyes, definiciones, etc., que presenta el modelo real. También, es importante precisar y describir comportamientos que en el momento en que se efectuó el estudio de simulación, aún no presenta el modelo real, esto debido a que aún no se haya podido efectuar un experimento que permita verificar y validar dicho comportamiento, o porque no lo presente el modelo real, pero que puede servir como indicador de que el modelo puede presentar comportamiento que no presenta el modelo real, lo que nos permite definir el campo de actuación del modelo formal, en el cual, se pueden reproducir comportamiento del modelo real.

- Implementación final. A partir de definir los campos de actuación del modelo, del nivel de concordancia entre el modelo formal y el modelo real y de tomar en cuenta los resultados que se obtuvieron en la etapa correspondiente al análisis de sensibilidad del modelo formal, la cual, nos permite encontrar los valores de los parámetros y variables y sus respectivas restricciones, bajo las cuales, el modelo formal representa mejor al modelo real, el programa de simulación estará listo para ser utilizado por otros usuarios.

Elaboración del material complementario

Esta etapa se debe generar el siguiente material:

- Manual de Usuario. Después de tener la versión definitiva del programa de simulación, el cual fue verificado y validado, se genera el manual de usuario, dicho material contiene información relevante sobre los objetivos, requerimientos técnicos, guía de instalación, guía de uso, modo de funcionamiento, sección de solución de problemas, estructura, etc., del programa de simulación.
- Manual Técnico. En la generación y entrega de cualquier programa o software para un usuario en particular, aparte del programa o software, por lo general se entrega un manual de usuario y un manual técnico, en este último, se describen, dependiendo de la información que se requiera plasmar, los productos que se han descrito anteriormente en la metodología que se propone en este trabajo. Adicionalmente, y como parte del proceso de implementación de la metodología que se describe en este trabajo, se tienen que incorporar al Manual Técnico las instrucciones o sentencias que se requieren para generar, editar, modificar e incorporar los elementos del programa, que en su momento son utilizados para generar las interfaces que tendrá el programa de simulación, dentro de las cuales, serán integrados los algoritmos correspondientes al modelo no formal, para con esto, generar el programa de simulación.

Conclusiones y perspectivas

Esta etapa de la metodología comprende:

- Conclusiones. En esta parte se deben sintetizar cuales fueron los resultados obtenidos del proceso de simulación, centrándose en demostrar si se cumplieron los objetivos e hipótesis de la investigación para la cual fue desarrollado el programa de simulación, describir los campos de actuación del modelo formal y aportaciones relevantes que se

obtuvieron con el proceso de simulación, además de efectuar

- Perspectivas. En esta etapa, se describen posibles mejoras al proceso de simulación, entra las que se pueden mencionar: modificar el modelo no formal, el modelo formal, la forma de determinar los parámetros o variables, la elección de las herramientas de desarrollo, el uso y capacidad de procesamiento del equipo de cómputo, el campo de actuación del modelo formal, etc.

3. Discusión

Es importante comentar, que el presente trabajo describe la metodología para el proceso de simulación MEPPS, generada, por un lado, como producto de una extensa revisión de la Literatura [1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 26] y por otro lado, por las aportaciones que fueron producto de la experiencia en el desarrollo de proyectos de simulación, en el ejercicio de actividades docentes y en la formación de los agentes implicados en la generación del presente trabajo, permitiendo con esto, identificar qué actividades, tareas, restricciones, reglas, secuencias, acciones, etc., comprenden una metodología, que permita facilitar el proceso de organización, orden, secuencia, documentación y desarrollo de la simulación, independientemente del área o temática del conocimiento en la que sea llevada a cabo. Las dos aportaciones más significativas en este trabajo y que difieren de otras metodologías reportadas en la Literatura, hasta donde se tiene conocimiento son: separar las etapas de verificación y validación del modelo no formal, conceptual o teórico y efectuar la verificación del modelo formal, de simulación o computacional.

Se plantea en la metodología MEPPS separar las etapas de verificación y validación del modelo no formal, conceptual o teórico, ya que por lo general se suele considerar que es la misma, esto se da por diversas situaciones, como por ejemplo, dependiendo de la referencia en la cual fueron publicados los resultados de simulación, se le da mayor peso a la temática, a la restricción de las secciones de la referencia en que será publicada los resultados de la simulación, al desarrollo teórico, a la capacidad de representar el comportamiento del modelo real, a la forma de evaluación y a las apreciaciones de los revisores que determinan contenidos y actividades relevantes para la publicación.

Se propone la etapa de verificación del modelo formal, de simulación o computacional en la metodología MEPPS, en virtud, de que en los procesos de revisión

de artículos relacionados y en el desarrollo de simulaciones, se centran en las etapas de verificación del modelo no formal, conceptual o teórico y en la validación de resultados del modelo formal, de simulación o computacional, dejando de lado, la verificación de los datos que se obtienen de la simulación, con lo cual, es muy fácil que proliferen el fraude científico [28, 29], ya que en virtud de que no se verifican la autenticidad de los datos de simulación, estos pueden ser fabricados o inventados, falsificados o manipulados, y después ser utilizados para cumplir con la etapa de validación de resultados en el proceso de simulación y después poder publicar los resultados de la simulación.

Por otro lado, al efectuar un comparativo, entre las etapas y fase de la metodología con las secciones y la información que comprende un artículo científico [23, 24, 25, 26]. La sección de Resumen, como su nombre lo indica, resume el contenido del artículo, esto se efectúa en la metodología al momento de documentar todo el proceso de simulación. En la sección de Introducción, que provee el trasfondo e informa el propósito de la investigación, en la metodología se lleva a cabo lo anterior, en la etapa de concepto o pre-producción y en la de análisis. Con respecto a la sección de materiales y métodos, que consideran debe incluir como se hizo la investigación, considerando el método, software, hardware, recursos, etc., esto se efectúa en las etapas o fases de diseño, desarrollo e implementación. En la sección de Resultados, cuya información comprende la presentación de datos o información que se obtuvo, y la sección de discusión, en la cual, en el artículo se explica los resultados, su comportamiento, la comparación con datos experimentales o con conocimiento previo del tema, se efectúa en la metodología en la etapa de validación y verificación, finalmente, la sección de referencias, que se utilizarán para efectuar la investigación, en la metodología, en cada etapa se lleva a cabo la cita de referencias utilizadas durante todo el proceso de simulación.

4. Consideraciones finales

Mediante la propuesta de la metodología descrita en este trabajo, los agentes implicados o investigadores pueden asimilar y aplicar dicha metodología al desarrollo de proyectos de simulación, y con esto, puedan desarrollar las cualidades (trabajar en equipo, de responsabilidad, honestidad y respeto), habilidades cognitivas (observación, análisis, síntesis, sistematización, evaluación y solución de problemas) y competencias metodológicas (actitud reflexiva, actitud objetiva, manejo de métodos y técnicas, comunicación y orden) que

se requieren para desarrollar y mejorar su formación en competencias investigativas. Así como, la capacidad y habilidad para generar la información requerida, para la publicación de los resultados que se obtengan de un proyecto de simulación a través de un artículo científico.

Referencias

- [1] G. C. Maitland, M. Rigby, E. B. Smith and Wakeham, W. A. Wakeham, *Intermolecular Forces: Their Origen and Determination*, Clarendon Press, Oxford, 1981.
- [2] M. P. Allen and Tildesley, D. J. Tildesley, *Computer Simulation of Liquids*, Clarendon Press, 1991.
- [3] M. N. Rosenbluth and A. W. Rosenbluth, "Further results on Monte Carlo equations of state?", *J. Chem. Phys.*, vol. 22, num. 5, pp. 881-884, 1954.
- [4] R. Eckhardt, "Stan Ulam, Jhon Von Neumann and the Monte Carlo Method?", <http://permalink.lanl.gov/object/tr?what=info:lanl-repo/lareport/LA-UR-88-9068>, Los Alamos Science, No. 15, (Consultado 1 de julio de 2016), 1987.
- [5] E. J. Braude, *Ingeniería de Software. Una perspectiva orientada a objetos*, Alfaomega, México, 2003.
- [6] R. S. Presmman, (2010). *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*, Mc. Graw Hill, Estados Unidos de América, 2010.
- [7] I. Sommerville, *Ingeniería de Software*, Pearson y Addison Wesley, España, 2007.
- [8] G. Pantaleo y L. Rinaudo, *Ingeniería de Software*, Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A., Buenos Aires, 2015.
- [9] E. E. Tarifa, *Teoría de Modelos y Simulación*, http://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/1051_TecnicasIISimulacion.pdf, (Consultado 22 de junio de 2016).
- [10] M. Ribas-García, R. Hurtado-Vargas, F. Domenech-López, y N. Garrido-Carralero, "Verificación y validación del software Fermenta 5.0 para la simulación de la fermentación alcohólica", *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar (Cuba)*, vol. 48, num. 1, enero-abril, pp. 21-29, 2014.
- [11] J. P. C. Kleijnen, "Five-stage procedure for the evaluation of simulation models through statistical techniques?", *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference*, <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/WSC.1996.873285>, (Consultado 22 de junio de 2016).
- [12] S. E. Chick and K. Inoue, "New two-stage and sequential procedures for selecting the best simulated system?", *Operations Research*, vol. 19, num. 5, septiembre, p.p. 732-743, 2001.
- [13] M. Rabe, S. Spieckermann and S. Wenzel, "Verification and validation activities within a new procedure model for v&v in production and logistics simulation?", *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5429641>, (Consultado 22 de junio de 2016), 2009.
- [14] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt and M. P. Vecchi, "Optimization by simulated Annealing?", *Science, New Series*, <http://www2.stat.duke.edu/~scs/Courses/Stat376/Papers/TempAnneal/KirkpatrickAnnealScience1983.pdf>, vol. 220, num. 4598, mayo, pp. 671-680 (Consultado 22 de junio de 2016), 1983.
- [15] R. G. Sargent, "Verification and validation of simulation models?", *J. Sim.*, vol. 7, num. 1, febrero, pp. 12-24, 2013.
- [16] G. B. Kleindorfer, L. O'Neill and R. Ganeshan, "Validation in simulation in the philosophy of Science?", *Management Science*, https://mason.wm.edu/faculty/ganeshan_r/documents/ms_validation.pdf, vol. 44, num. 8, Agosto, pp. 1087-1099 (Consultado 22 de junio de 2016), 1998.
- [17] A. Maria, "Introduction to modeling and Simulation?", *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, <http://imap.acqnotes.com/Attachments/White%20Paper%20Introduction%20to%20Modeling%20and%20Simulation%20by%20Anu%20Maria.pdf>, (Consultado 22 de junio de 2016), 1997.
- [18] P. Beneitone, C. Esquetini, J. González, M. M. Maletá, G. Siufi and R. Wagenaar, *Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina. Informe final ? Proyecto Tuning-América Latina 2004-2007*, Universidad de Deusto y Universidad de Groninger, Bilbao, España, 2007.
- [19] R. A. Andrade, "El enfoque por competencias en educación, *Ide@s CONCYTEG*, año 3, num. 39, septiembre, pp. 53-64, 2008.
- [20] V. M. Álvarez, O. Orozco y A. Gutierrez, "La formación de competencias investigativas profesionales, una Mirada desde las ciencias pedagógicas", *Cuadernos de educación y desarrollo*, vol. 2, num. 24, 2011.
- [21] A. Jaik, *Competencias investigativas. Una Mirada a la Educación Superior*, ed Durango de Investigadores Educativos A.C. ReDIE, México, 2013.
- [22] A. Bazaldúa, "Identificación de competencias de investigación para nivel licenciatura. En FIMPES (Ed), 2007.
- [23] R. A. Day, "Cómo escribir y publicar trabajos científicos?", <http://www.bvs.hn/Honduras/pdf/ComoEscribirYPublicar.pdf>, Publicación Científica y Técnica No. 598, Oryx Press, 3ra. Ed., Washington, DC, EUA (Consultado 5 de Julio de 2016), 2005.
- [24] R. M. Lam, (2016). "La redacción de un artículo científico?", <http://www.revhematologia.sld.cu/index.php/hih/article/view/309/218>, *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, [revista en internet], vol. 32, num. 1 (Consultado 5 de Julio de 2016), 2016.
- [25] J. A. Mari, "Manual de redacción científica?", 7ma. Ed., http://files.sld.cu/cencomed-cursos/files/2013/03/manual-de_redaccion-cientifica-citas.pdf, *Caribbean Journal of Science*, Publicación Especial, num. 3, pp. 1-35 (Consultado 5 de Julio de 2016), 2004.
- [26] A. Villagrán and P. L. Harris, "Algunas claves para escribir correctamente un artículo científico?", *Rev. Chil. Pediatr.*, vol. 80, num. 1, pp. 70-78, 2009.
- [27] R. Hernández, C. Fernández y M. P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, Quinta edición, Mc Graw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V., México, D.F., 2010.
- [28] P. S. Salinas, "Fraude científico en el ambito universitario?", *MedULA, Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad de los Andes*, vol. 13, pp. 42-47, 2005.
- [29] F. Hernández-Chavarría, "Fraude en la autoría de artículos científicos?", *Rev. Biomed.*, vol. 18, pp. 127-140, 2007.