

LABORATORIO VIRTUAL DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

VIRTUAL LAB OF INSTRUMENTATION AND CONTROL

Juan Carlos Ayala Alonso¹, Liudmila Pupo Peña², Lianet Salazar Labrada³

1 Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, jcayala@uci.cu

2 Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, lpupo@uci.cu

3 Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, lslabrada@uci.cu

RESUMEN: *El avance tecnológico ha permitido que se utilice la realidad virtual en actividades tan importantes para el hombre como la educación. Un ejemplo del logro alcanzado por la educación es la creación de laboratorios virtuales, donde se simulan las prácticas de un laboratorio real en una computadora. El trabajo que se presenta tiene como objetivo elaborar un laboratorio virtual, para potenciar y enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en la carrera técnica de Instrumentación y Control en la República Bolivariana de Venezuela. Mediante este laboratorio virtual se pretende enseñar los conceptos fundamentales relacionados con la variable presión, además de los equipos que intervienen en situaciones de medición y control. Para la elaboración de este laboratorio se utilizó Rational Unified Process como metodología de desarrollo de software. Como entorno de desarrollo integrado se usó Qt Creator y C++ como lenguaje de programación. Se utilizó como motor gráfico Ogre3D y Blender, como herramienta para diseñar los objetos tridimensionales. Con el desarrollo de este trabajo se logró un laboratorio virtual que simula algunos de los procesos más importantes en la carrera de Instrumentación y Control. Además, se muestran los conceptos fundamentales relacionados con la variable presión y los equipos que se utilizan en la medición y el control. Este laboratorio virtual permite llevar a la práctica los conocimientos adquiridos sin necesidad del equipamiento real, por lo que constituye una importante herramienta para el aprendizaje.*

Palabras Clave: Educación, instrumentación y control, laboratorio virtual, presión.

ABSTRACT: *The technology advance has allowed that is use the virtual reality in important activities for the man as the education. One example of the achievement obtained for the education is the creation of virtual labs, in which the real labs practices are simulated on a personal computer. The work that is shown has like goal built a virtual lab, for enhance and enrich the teaching-learning process in the technical career of Instrumentation and Control. Through this virtual lab be intended teach the fundamental concepts related with the pressure variable, also the equipment that involved in the measurement and control situations. For the elaboration of this lab is used Rational Unified Process as development methodology of software. Qt Creator is used as integrated development environment and C++ as programing language. Is used Ogre3D as graphic engine and Blender as tool for design the tridimensional objects. With the development of this work was obtained a virtual lab that simulates some of the more important process in the career of Instrumentation and Control. Moreover, are shown the fundamental concepts related with the pressure variable and the equipment that involved in the measurement and the control. This virtual lab allows put on practice the knowledge gained without need of the real equipment, so that constitutes an important tool for learning.*

KeyWords: Education, Instrumentation and Control, pressure, virtual lab.

1. INTRODUCCIÓN

La creación de los ordenadores o computadoras fue un gran paso de avance para el desarrollo mundial, ya que le permitió al hombre almacenar, procesar y transmitir información. Con el creciente desarrollo de los ordenadores han surgido nuevas tecnologías de visualización y modelación como la realidad virtual, que permite un mejor acercamiento a fenómenos o hechos reales mediante su simulación tridimensional e interacción con diferentes equipos especializados. La realidad virtual se ha introducido en varias actividades de la vida del hombre como en la educación y en la salud. En la educación se ha utilizado la realidad virtual para simular procesos relacionados con los temas docentes que se imparten en diferentes materias. Un ejemplo de las simulaciones que se realizan son las que se hacen con los laboratorios virtuales.

En la República Bolivariana de Venezuela, algunas actividades docentes de la educación universitaria solo se desarrollan con métodos tradicionales, lo que influye negativamente en la motivación de los estudiantes debido a que no se cuenta con nuevos métodos que vinculen a las tecnologías actuales. Además, algunas de las prácticas de laboratorio que se realizan requieren de un gran número de recursos que son de difícil adquisición y sus precios son elevados en el mercado mundial.

Por otra parte, en las prácticas reales se necesita de un espacio, unas determinadas condiciones y pueden ocurrir accidentes cuando se manipulan diferentes objetos o sustancias. Debido a los inconvenientes que presentan algunas de las prácticas reales en las actividades docentes y con el fin de estimular a los estudiantes incorporando las nuevas tecnologías en las carreras universitarias, el Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria lleva a cabo varias acciones. Entre las acciones que ha tomado este ministerio se encuentra la creación de laboratorios virtuales.

Uno de los programas universitarios donde no se han incorporado métodos docentes que utilicen las nuevas tecnologías es el Programa Nacional de Formación en Instrumentación y Control. En esta carrera técnica los aspectos teóricos se llevan a la práctica solamente en un laboratorio real, donde se necesitan equipos costosos y que no abundan en el campus universitario. Además, en dicha carrera no se cuenta con otras opciones docentes que motiven a los estudiantes y que solucionen los problemas que presentan los métodos tradicionales.

Debido a la necesidad de dar solución a la problemática planteada anteriormente en la carrera de Instrumentación y Control se decide desarrollar un laboratorio virtual que resuelva dichos problemas. Este trabajo tiene como objetivo elaborar un labora-

torio virtual que sirva como medio de apoyo a la carrera de Instrumentación y Control en la ejecución de las actividades prácticas. Con este laboratorio se reforzarán los aspectos teóricos estudiados en las clases y se brindará un espacio de interacción con los equipos e instrumentos que se utilizan en una sesión real de laboratorio. Además se darán a conocer los conceptos fundamentales relacionados con la medición y el control de la variable presión.

2. CONTENIDO

2.1 Laboratorios Virtuales

Existen varias definiciones de laboratorio virtual, a continuación se muestran algunas expuestas por diferentes autores. Un laboratorio virtual es un sistema computacional que pretende aproximar el ambiente de un laboratorio tradicional donde ocurren sucesos reales. Los experimentos se realizan paso a paso, siguiendo un procedimiento similar al de un laboratorio real, se visualizan instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos, imágenes o animaciones. Se obtienen resultados como datos numéricos y gráficos, tratándose estos matemáticamente para la obtención de los objetivos perseguidos en la planificación docente de las asignaturas [1].

También se pueden definir como una simulación en una computadora u ordenador personal de una amplia variedad de situaciones, que pueden ser desde prácticas manipulables hasta visitas guiadas. Se desarrolla en un ambiente interactivo y quienes aprenden lo pueden usar fuera del campus universitario, sin ayuda alguna del personal docente. El lugar del laboratorio virtual es la computadora personal, donde no se mantiene una comunicación directa con el personal docente, pues ha sido estructurado de forma tal que pueda manipularse desde cualquier computadora [2].

Actualmente existen varios laboratorios virtuales desarrollados en diferentes regiones del mundo y enfocados hacia la educación. Un ejemplo es el laboratorio virtual Livewire desarrollado por la compañía inglesa New Wave Concepts. Este laboratorio virtual permite hacer diseños y simulaciones de circuitos electrónicos, entre los componentes que se simulan se encuentran interruptores, transistores, diodos, circuitos integrados, entre otros. Livewire ofrece la ventaja de diseñar circuitos extensos y complejos que pueden probarse para comprobar su funcionamiento, con la garantía de no correr riesgos de accidentes [3].

Otros ejemplos de laboratorios virtuales son los desarrollados por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Entre los laboratorios virtuales que presenta esta universidad se encuen-

tran los laboratorios virtuales de Automática I, los laboratorios virtuales de Física, los laboratorios virtuales para la asignatura Contaminación por Agentes Físicos, entre otros [4].

En Cuba se cuenta con diferentes laboratorios virtuales como el de Química General, que surge como parte de un proyecto llamado Programas Informáticos para la enseñanza universitaria de la Química experimental [5]. También en la Universidad Virtual del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), se han desarrollado varios laboratorios virtuales. Ejemplo de estos se tienen los laboratorios de modelación y experimentación numérica para Matemáticas y los laboratorios virtuales de Física [6].

Todos estos laboratorios virtuales, al igual que la mayoría existente, realizan las simulaciones en dos dimensiones (2D), mostrando los objetos con insuficiente realismo debido a que se representan de forma plana y sin profundidad.

2.2 Terminología de Instrumentación y Control

Para la realización de un laboratorio virtual se necesitan estudiar los conceptos y las herramientas que intervienen en una práctica real de laboratorio. Es necesario el conocimiento de toda esta información para realizar una buena simulación. De esta forma se podrán obtener resultados muy próximos a los que se obtienen en la vida real. Durante el desarrollo del laboratorio virtual que se presenta fue indispensable el estudio de varios conceptos debido al vínculo que tienen con la carrera de Instrumentación y Control. Entre los conceptos estudiados se encuentra el de presión.

La presión es una fuerza que ejerce sobre un área determinada y se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre esta. Se mide en unidades de fuerzas por unidades de área y se expresa en unidades como pascal, bar, atmósferas, kilogramos por centímetros cuadrado y psi o libras por pulgadas cuadradas. Cada vez que se aplica una presión se produce un cambio de volumen o dimensión.

Una de las herramientas más usadas para medir la presión es el manómetro. Esta herramienta posee forma de reloj y tiene un sensor de presión por dentro para lograr su funcionamiento. El sensor de presión más común es el tubo de Bourdon que consiste en un tramo de tubo en forma de herradura, con un extremo sellado y el otro conectado a la fuente de presión. A continuación se muestra una imagen de un manómetro real.



Figura. 1: Manómetro real

Además del manómetro se utilizan otros equipos en las prácticas de laboratorio en la carrera de Instrumentación y Control. La válvula es uno de los instrumentos más importantes y usados en la instrumentación industrial. Su función es iniciar, regular o detener una circulación de líquidos o gases a través de una pieza movable que abre o cierra en forma parcial o total uno o varios conductos. Debido a los diferentes tipos de líquidos y de gases que se manejan en la industria se han creado varios tipos de válvulas.

Entre los tipos de válvulas existentes y utilizadas en las prácticas de laboratorios se encuentran las válvulas de compuerta y las válvulas de bola. Las válvulas de compuerta realizan múltiples vueltas para cerrar el orificio de un conducto con un disco vertical de cara plana. Este tipo de válvulas es recomendado para un uso poco frecuente y se utiliza para la manipulación de aceite y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, entre otros. Por otra parte, las válvulas de bola solo realizan un cuarto de vuelta y poseen una bola taladrada que gira 90° para abrir o cerrar la circulación por el conducto. Estas válvulas son recomendadas para cuando se requiere de una apertura rápida y de poca resistencia a la circulación, además se utilizan generalmente cuando se trabaja con pastas semilíquidas.

Otro instrumento importante que se utiliza en la medición de la presión es el compresor generador de presión. Este equipo se encarga de convertir la energía mecánica de un motor eléctrico o de una combustión en energía potencial de aire comprimido. Para el correcto funcionamiento de un compresor es imprescindible el uso de válvulas, para asegurar el flujo de gas en un solo sentido, ya sea en la aspiración o en la impulsión del gas. Además de los instrumentos vistos anteriormente, uno de gran importancia en el control de procesos industriales es el presostato. Este equipo también se conoce como interruptor de presión y permite abrir o cerrar

un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión que realice sobre un fluido o gas [7] - [9].

2.3 Ambiente de desarrollo

Aunque en las prácticas de laboratorio que se pretenden simular se utilizan más instrumentos, los mencionados anteriormente son los de mayor importancia para el personal que está dirigido este laboratorio virtual. Para realizar las simulaciones tridimensionales de las prácticas de laboratorios que se llevan a cabo en la realidad es necesario modelar las escenas y los instrumentos que intervienen en estas prácticas. En este trabajo se utiliza Blender como herramienta para modelar las escenas y los objetos tridimensionales.

Blender es una herramienta de diseño, dedicada especialmente al modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales. La selección de esta herramienta se realiza fundamentalmente porque es multiplataforma, libre y gratuita. Blender posee varias características significativas como la edición de audio y la sincronización de video. También cuenta con un motor de juegos 3D integrado que permite la creación de contenido interactivo. Es una herramienta que permite la creación de una gran cantidad de primitivas como puntos, líneas, curvas y polígonos. Además presenta características interactivas para juegos como la detección de colisiones [10].

Para representar las escenas que se simulan en el presente trabajo se utiliza el motor gráfico Ogre3D. Se selecciona este motor gráfico debido a que es un motor de *software* libre, multiplataforma y de código abierto. Este motor gráfico está hecho principalmente para realizar aplicaciones tridimensionales. Ogre3D brinda soporte para las Interfaces de Programación de Aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) OpenGL y Direct3D, además facilita el trabajo de los desarrolladores en comparación con dichas API. También cuenta con una comunidad activa y presenta una interfaz entendible y fácil de usar [11].

Como lenguaje de programación para implementar el laboratorio virtual se selecciona el lenguaje C++. Las principales características de este lenguaje por las cuales fue seleccionado son: lenguaje potente, orientado a objetos, multiplataforma y libre. Este lenguaje permite la reutilización de código mediante la herencia, la sobrecarga de operadores y de funciones. Además, es uno de los lenguajes más utilizados en el mundo para la creación de aplicaciones relacionadas con la realidad virtual [12] - [13].

Otra de las herramientas utilizadas para la creación del laboratorio virtual de Instrumentación y Control fue Qt Creator como Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés). Se selecciona este IDE debido a que se utiliza conjuntamente con un potente *framework* como Qt. Qt Creator presenta

soporte para varios lenguajes, principalmente para C++. Además cuenta con herramientas para la administración de proyectos, completamiento de código, depurador y con una ayuda extensa y detallada [14].

Como metodología de desarrollo de *software* se selecciona Rational Unified Process (RUP). La selección de esta metodología se realiza porque desarrolla el producto mediante iteraciones con hitos bien definidos, donde se repiten las actividades pero con diferentes énfasis. Esta metodología permite el desarrollo de *software* a gran escala, mediante un proceso continuo de desarrollo. Mediante esta se modelan visualmente los productos de *software* empleando el Lenguaje de Modelado Unificado (UML, por sus siglas en inglés). Esta es una metodología dirigida por casos de uso, donde los casos de uso guían el proceso de desarrollo. Otra importante característica es que es centrada en la arquitectura, la cual puede ser descrita en diferentes vistas. Además, es una metodología iterativa e incremental, por lo que divide el desarrollo en pequeñas partes que al concluir aportan un incremento al producto final [15].

La utilización de todas las herramientas vistas anteriormente permitió la simulación de las prácticas de laboratorio en la carrera de Instrumentación y Control. El uso del IDE Qt Creator conjuntamente con el motor gráfico Ogre3D y con el lenguaje C++ hizo posible el funcionamiento de las herramientas y la ejecución de algunos procesos que se llevan a cabo en la carrera. Existen varios ejercicios que se realizan en las prácticas de laboratorio donde se utilizan las diferentes herramientas que intervienen en la medición y el control de varias variables. Para el caso del laboratorio virtual de Instrumentación y Control que se presenta fue necesario realizar la simulación de tres de estos ejercicios que son de gran importancia para la carrera.

2.4 Resultados

Después de realizar el estudio de los principales conceptos relacionados con la carrera de Instrumentación y Control, además de la selección de las herramientas necesarias, se desarrolló el laboratorio virtual vinculado a esta materia. El laboratorio realizado presenta tres ejercicios relacionados con la medición y control de la variable presión. Todos los ejercicios de este laboratorio virtual cuentan con dos fases principales, el montaje del sistema y el entrenamiento.

El montaje se realiza colocando los diferentes equipos o herramientas en la escena, para posteriormente unirlos y así armar el sistema. Por otra parte, el entrenamiento es diferente para cada ejercicio, según las características de cada uno. Para apreciar detalladamente la forma que tienen los diferentes objetos en la escena se utiliza el *mouse* de la

computadora, ya sea acercándose al objeto poco a poco mediante el *scroll* del *mouse* o situándose a una corta distancia frente al objeto dando clic izquierdo sobre este. En la siguiente imagen se muestra un manómetro que fue seleccionado con el clic izquierdo para observarlo desde cerca.



Figura. 2: Manómetro seleccionado

El primer ejercicio de este laboratorio virtual tiene como objetivo afianzar la destreza en la conversión de distintas unidades de presión. En este ejercicio se realiza el montaje de un sistema de aire comprimido básico con manómetros. Para realizar el montaje se colocan los diferentes instrumentos en la escena haciendo clic izquierdo sobre el nombre del instrumento que aparece en el panel llamado Caja de herramientas, a la derecha de la escena.

Luego de colocar los instrumentos en la escena se tienen que unir todos para formar el sistema. La unión entre dos objetos se realiza desplazando un objeto con el mouse hacia el otro objeto, es válido aclarar que esta unión se realiza si ambos objetos se pueden unir. A continuación se muestra una imagen del montaje del sistema correspondiente al primer ejercicio.



Figura. 3: Montaje del sistema del primer ejercicio

El entrenamiento se realiza cuando se ajusta el valor de una válvula reguladora de presión y se muestran los valores de la presión en los manómetros que miden la presión en varias unidades de medida. En la siguiente imagen se muestra una escena correspondiente al entrenamiento en el primer ejercicio.



Figura. 4: Entrenamiento del primer ejercicio

El segundo ejercicio del laboratorio virtual de Instrumentación y Control tiene dos objetivos fundamentales. Estos objetivos son la comprensión de la presión hidrostática y la comprensión del cálculo que se realiza según el tipo de presión que se esté utilizando. Este ejercicio se lleva a cabo realizando el montaje de dos sistemas, uno con un tanque abierto y el otro con un tanque cerrado. En ambos montajes se utilizan manómetros de distintos tipos. A continuación se muestra una imagen del montaje de un sistema correspondiente al segundo ejercicio.

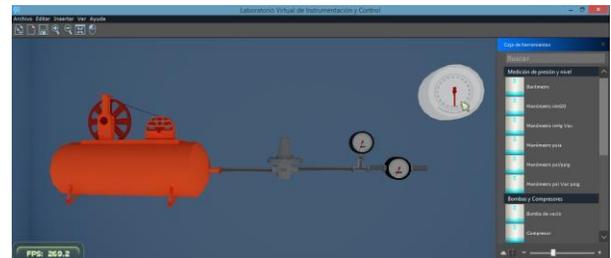


Figura. 5: Montaje del sistema del segundo ejercicio

En este ejercicio el entrenamiento se lleva a cabo manipulando una válvula que regula la entrada de líquido al tanque y fijando una presión sobre el tanque. Para finalizar el entrenamiento se comprueban las lecturas de los diferentes manómetros. En la siguiente imagen se muestra una escena correspondiente al entrenamiento en el segundo ejercicio.



Figura. 6: Entrenamiento del segundo ejercicio

El último ejercicio del laboratorio virtual consiste en realizar un lazo cerrado de presión. En este ejercicio se realiza el montaje de un sistema donde se utiliza un compresor, un presostato, un tanque, varias válvulas y manómetros. Al igual que en los ejercicios anteriores, en este los estudiantes pueden

realizar el entrenamiento. En dicho ejercicio, el entrenamiento se realiza estableciendo la presión de una válvula reguladora y ajustando el presostato para mantener una presión en el tanque que oscila en un rango determinado. Para la culminación del entrenamiento se inicia el sistema y se simula el proceso. En la imagen que aparece a continuación se muestra una escena correspondiente al entrenamiento del tercer ejercicio.



Figura. 7: Entrenamiento del tercer ejercicio

Con el desarrollo de este laboratorio virtual se logró una herramienta que permite la simulación de algunos de los procesos más importantes en la carrera de Instrumentación y Control relacionados con la variable presión. Esta herramienta constituye un nuevo método docente para el Programa Nacional de Formación en Instrumentación y Control en la República Bolivariana de Venezuela. Este laboratorio virtual ofrece otra vía para realizar las actividades prácticas de la carrera, sin la necesidad de utilizar el equipamiento real. Esto posibilita la reducción de gastos al no tener que comprar una gran cantidad de herramientas o equipos reales. Además permite realizar las prácticas de laboratorio utilizando instrumentos simulados muy parecidos a los reales y en cualquier momento.

La principal característica del laboratorio virtual es que realiza simulaciones tridimensionales, a diferencia de los laboratorios virtuales más comunes que realizan las simulaciones en dos dimensiones. Esto posibilita una mayor familiarización de los estudiantes con los instrumentos que se utilizan en las prácticas reales, aunque no los hayan manipulado anteriormente. Al realizar las simulaciones en tres dimensiones se muestran escenas más realistas. Esto se debe a que los elementos tienen forma tridimensional y pueden observarse desde diferentes puntos de vista.

3. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo se obtuvo un laboratorio virtual para la carrera de Instrumentación y Control que permite simular algunos procesos relacionados con la variable presión. El laboratorio realiza las simulaciones en tres dimensiones para mostrar escenas semejantes a las prácticas reales. Los instrumentos poseen su forma tridimensional y se pueden observar desde diferentes puntos de vista

para lograr mayor realismo en las escenas. El laboratorio virtual desarrollado constituye un medio de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, en la carrera de Instrumentación y Control, que vincula las nuevas tecnologías con la educación universitaria venezolana.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rosado, L. y Herreros J. R. Aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física, Congreso TAAE 2004, Sesión 11A. Ingeniería Eléctrica, pp. 3-4, 2004.
2. Monge Nájera J. y Méndez Estrada V. H. Ventajas y desventajas de usar Laboratorios Virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración, Revista Educación, Vol.31, No.1, pp. 93, 2007.
3. New Wave Concepts Sitio oficial de New Wave Concepts [En línea], Livewire Educational edition, 2015, Disponible en: <http://www.new-wave-concepts.com/ed/livewire.html>
4. University Network of Interactive Labs: Sitio oficial de University Network of Interactive Labs [En línea], Cursos ofrecidos por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 2014, Disponible en: <http://unilabs.dia.uned.es/course/index.php?categoryid=2&lang=es>
5. González Medina, H.; Vidal Castaño, G.; Spengler Salabarría, I.; Fernández Jaime, D.; Pérez Fuentes, C.; Bobes Ruiz, M.; Nuñez Valdés, C.; Villanueva Tagle, M. y Martínez Fernández, V. Experiencias del uso de las TIC en la educación química, Campus Univirtual - Universidad Tecnológica de Pereira [En línea], 2008, Disponible en: <http://univirtual.utp.edu.co/pandora/recursos/0/857/857.pdf>
6. Fernández Nodarse, F. A.; Pedrero González, E. y Fernández Lima, F. Laboratorios virtuales en la Universidad virtual del CITMA, Biblioteca Virtual de las Ciencias en Cuba [En línea], 2004, Disponible en: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/index/assoc/HASH016b.dir/doc.pdf>
7. Smith, A. y Corripio, A. B. Control Automático de Procesos, Ed. Limusa, México D.F., 1991.
8. Shinskey, F. G. Sistemas de control de procesos, Ed. McGraw-Hill, México D.F., 1996.
9. Sánchez, J. A. Instrumentación y Control Avanzado de Procesos, Ed. Díaz de Santos, Madrid, 2013.
10. Blender Foundation: Sitio oficial de Blender

[En línea], 2015, Disponible en:
<http://www.blender.org/about/>

11. Ogre3D Organization: Sitio oficial de Ogre3D
[En línea], 2015, Disponible en:
<http://www.ogre3d.org/about>

12. Stroustrup, B. The C++ Programming Language Third Edition, Ed. Addison Wesley, Massachusetts, 1997.

13. Josutis, N. M. The C++ Standard Library: A Tutorial and Reference, Ed. Addison Wesley, Massachusetts, 1999.

14. Qt Project Organization. Sitio oficial de Qt
[En línea], 2015, Disponible en:
<http://wiki.qt.io/Category:Tools:QtCreator>

15. Jacobson, I.; Booch, G. y Rumbaugh, J. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software, Ed. Addison Wesley, Madrid, 2000.