



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

### EL ENGINEERING EQUATION SOLVER aplicado al desarrollo didáctico del análisis exergético

#### Desarrollo de diagramas para usos académico - profesional

**1. RESUMEN:** 500-700 caracteres

El propósito de este trabajo es diseñar un material didáctico adecuado y que se adapte a las tecnologías utilizadas en la docencia actual para impartir docencia en los ámbitos universitarios. El trabajo se centra en generar un software que permita realizar diagramas entalpía - exergía y entropía - exergía.

La razón de realizar este software es que concepto de exergía y otros relacionados, puedan ser asimilados por los alumnos de una manera más firme y rápida.

Para realizar este trabajo ya se ha propuesto una asignatura en la “Escuela Técnica y Superior de Náutica y Máquinas” (E.T.S.N.M.) de la “Universidad Da Coruña” (UDC).

**2. PALABRAS CLAVE:** exergía, e - learning, recurso multimedia.

**3. ÁREA DE CONOCIMIENTO:**

- Ingenierías y Arquitectura

**4. ÁMBITO TEMÁTICO DEL CONGRESO:**

- Innovación en la enseñanza superior

*El Comité Científico se reserva el derecho de decidir el ámbito final de las propuestas.*

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2





## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

### 5. MODALIDAD DE PRESENTACIÓN:

- Comunicación oral

*El Comité Científico se reserva el derecho de decidir el formato final de las propuestas.*

### 6. DESARROLLO: tendrá una extensión de entre 7.500 – 10.000 caracteres (con espacios)

#### a) Objetivos

Los objetivos del trabajo propuesto para la presentación en este congreso son los siguientes:

- Resaltar la importancia del concepto de exergía, así como todos los relacionados como balances exergéticos, generación de irreversibilidad, condiciones del estado muerto y otros; para el estudio, evaluación y mejora termodinámica de instalaciones industriales y marítimas.
- Describir que tipo de material debe ser presentado y desarrollado con estos recursos; bien el puramente descriptivo o bien el teórico sobre el que se basan aplicaciones prácticas, vistas a posteriori.
- Evaluar que tipo de metodología didáctica es la más adecuada para conceptos poco usuales y de difícil comprensión, como es el caso de la exergía; bien el tradicional de clase magistral y pruebas evaluativas o bien el de utilización de recursos multimedia como el programa Engineering Equation Solver (E. E. S.).



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

- Comprobar que perfil del alumnado es el más participativo en este tipo de metodología didáctica y compararlo con los otros métodos que hasta hoy en día se venían utilizando para finalmente analizar los resultados obtenidos.
- Elaborar herramientas a través de recursos docentes que faciliten las actividades profesionales de los alumnos; pudiendo incluso incrementar sus atribuciones profesionales específicas fuera de las meramente técnicas.
- Aplicar los conceptos de exergía y todos los relacionados con él en aplicaciones prácticas, como son análisis de ciclos de potencia, instalaciones de cogeneración, instalaciones de refrigeración/climatización y otras instalaciones industriales.

b) Descripción del trabajo

### Introducción

Debido al constante aumento de la presencia de la tecnología en el día a día de la sociedad, hoy está presente en el quehacer diario de la mayoría de la población, como por ejemplo la forma de comunicarse, el desarrollo de las actividades profesionales, el disfrute del tiempo de ocio y otras actividades humanas.

De esta manera la tecnología también es parte activa desde hace años en la docencia. Uno de los mayores avances de la tecnología en la docencia de los últimos años fue la inclusión de paquetes de software específicos para la docencia en enseñanzas universitarias y de forma muy importante en el área de las enseñanzas tecnológicas.

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

La utilización de medios interactivos en la educación de diversos ámbitos de la ingeniería no ha sido muy tradicional; pero esta situación ha cambiado drásticamente en las últimas 3 décadas. Prueba de este cambio es el software Engineering Equation Solver, ampliamente utilizado en el campo de ingeniería térmica. Este trabajo presenta la utilización del mismo para la docencia de un concepto termodinámico, la exergía, y sus aplicaciones; llegando al punto de generar un programa que demuestre los conocimientos adquiridos por el alumno y que pueda ser de aplicación en las experiencias profesionales futuras del alumno.

Los obstáculos para impulsar desarrollos en la educación de la ingeniería en el continente europeo son por dos factores principales (Wald, M. et al. 2007): 1º la falta de iniciativas para promover plataformas de comunicación en las escuelas de ingeniería y centros asociados y 2º la falta de motivación para cambiar el estado actual, una estructura de educación superior a veces excesivamente rígida y una ausencia relativa de financiación dedicada al desarrollo e innovación de la educación en el ámbito de la ingeniería.

Una de las primeras iniciativas en la utilización de recursos multimedia fue la creación de laboratorios multimedia, tema tratado por Grimaldi, D.; Rapuano, S (2009), en este trabajo se trata el análisis del diseño de un laboratorio virtual para trabajar con sistemas de instrumentación y medida, fijando todos los elementos de hardware y software necesarios para realizar el laboratorio. El trabajo llega a la conclusión de que la utilización de este tipo de laboratorios es muy adecuado para la formación de los estudiantes de ingeniería; pero existe un problema que no se puede solventar, que es la



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

falta de contacto del estudiante con los elementos reales con los que ha trabajado en el laboratorio virtual.

Una de las carreras que más contribuido al hecho de que la utilización de recursos multimedia y programas específicos se dedicasen a la docencia ha sido desde siempre la ingeniería informática; Hilburn, T., B.; et al. (1999); en este trabajo se sientan las bases que un programa de ordenador ha de cumplir para ser adecuado para su utilización en la docencia; en especial aplicado al ámbito de la ingeniería informática donde cada día se requieren que los titulados tengan un perfil más práctico y orientado a resolver problemas prácticos del mundo profesional.

La utilización de paquetes de software que sea atractivos motiva a los estudiantes a realizarse preguntas del estilo “y si”, lo que conduce a una estructura de estudio más transversal y a un aprendizaje descubriendo por ellos mismos (Brenner, A. et al. 2005). Para lograr este objetivo el Engineering Equation Solver es uno de los más adecuados y atractivos para la docencia; ya que es un software abierto, en el que el alumno es consciente en todo momento de los procedimientos que está realizando, y son muy pocos los elementos cerrados con los que cuenta el programa y no puedan ser configurados y programados por el usuario.

La utilización de este tipo de recursos también cambia el método de evaluación de los alumnos (Carleton-Hug, A.; et al. 2010), de manera que incrementa los métodos de evaluación y permite adecuar a cada tipo de material didáctico el sistema de corrección-evaluación más adecuado; lo que al final se traduce en una mejora en el sistema de evaluación y por tanto del sistema educativo y del rendimiento de la universidad desde el

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

punto de vista docente; mejorando de esta forma el sistema de educación donde se implante este recurso.

De hecho ya existen publicados trabajos de investigación donde se publica los beneficios de la utilización de estos programas con objetivos docentes; un ejemplo es el de Grupe, F., H.; et al. (1998); donde se centra en la utilización de un programa orientado a los estudiantes de económicas y administración de empresas.

### **Contexto académico - social**

El concepto de exergía es relativamente antiguo, pero su aplicación práctica es por el contrario reciente (primeros informes de análisis exergéticos de instalaciones datan de los años 70) esta situación se debe a que hasta esos años la optimización y mejora continua de las instalaciones térmicas no era un tema que preocupase al conjunto de la sociedad. Pero a partir de las primeras crisis del petróleo y del comienzo de una generación de conciencia social por el medio ambiente esta situación cambio en gran medida.

Por este y otros motivos esta temática era poco tratada en las escuelas universitarias, pero al cambiar el contexto social también fue cambiando poco a poco en el ambiente educativo y profesional, aunque se le sigue dando un tratamiento secundario y de importancia relativamente menor que otros como podrían ser el 1º y el 2º principio de la termodinámica; ya que estos fundamentan el concepto de exergía.

Pese a estas condiciones adversas el análisis exergético ha adquirido una importancia excepcional en los últimos años en el análisis termodinámico de instalaciones térmicas,

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

industriales, marítimas y cualquiera que conlleve procesos termodinámicos asociados. Por este motivo es fundamental incluirlo en los planes de estudio de las carreras técnicas y darle el peso específico que merece, para que los futuros profesionales cuenten con la formación adecuada y suficiente en este campo tan específico y concreto y de importancia creciente con la situación técnico - económica actual.

En el centro donde se realizo el estudio, esta temática ya tiene una importancia que se puede considerar adecuada y suficiente, pero su docencia era tradicional; es decir, clases magistrales expositivas de los conceptos teórico - prácticos, con una serie de sesiones dedicadas a la elaboración de ejercicios y cuestiones relacionadas con las sesiones magistrales para posteriormente evaluar los conceptos y ejercicios prácticos en pruebas evaluativas, que si el alumno superaba se suponía que había adquirido los conocimientos y habilidades relacionados con la temática evaluada.

### Desarrollo del caso

#### *Presentación del recurso*

El paquete de software “Engineering Equation Solver” es un paquete de software genérico que resuelve ecuaciones. El programa puede ser utilizado más específicamente para resolver ecuaciones integrales y diferenciales, realizar procesos de optimización, realizar análisis de incertidumbre, realizar regresiones lineales y no lineales, convertir unidades, generar informes, presentación de resultados de modo gráfico o realizar programas en los lenguajes más universales como C, C++, Pascal.



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

La característica más destacada de este programa es la base de datos de propiedades físicas (especialmente termodinámicas) tan amplia y precisa con la que cuenta, de manera que el programa suministra un gran número de elementos, compuestos y sustancias de aplicación industrial de la que se puede disponer gran cantidad de información, por este motivo toda esta información puede ser utilizada para resolver problemas de ingeniería y otros campos técnicos.

### *Desarrollo de la actividad*

El desarrollo de esta actividad fue llevada a cabo en una clase de la Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas (E.T.S.N.M.) de la Universidad da Coruña (U.D.C.), en la carrera de licenciatura en máquinas navales, en la asignatura de Técnicas Energéticas. En esta clase el perfil de de los estudiantes es estudiantes del último curso, muy cerca de incorporarse al mundo laboral; y como particularidad cabe destacar que un amplio porcentaje de ellos ya cuenta con una experiencia laboral específica de la profesión, lo cual facilita la docencia a estos alumnos en las asignaturas de carácter más práctico.

Debido a la complicación que presenta la docencia de materias técnicas, que necesitan de unas infraestructuras muy específicas y de dotación dificultosa, debido a su alto coste de adquisición, mantenimiento y elevado adiestramiento en las mismas de los docentes, como podría ser la docencia de asignaturas relacionadas con las máquinas térmicas; lo más adecuado y recomendable sería contar con las instalaciones reales para poder impartir la docencia (tanto práctica como teórica) sobre el equipo real, de manera que pudiesen observarse los aspectos teórico-prácticos sobre una instalación real; así como generar las prácticas, actividades y evaluaciones docentes sobre las mismas. Pero el coste

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2





## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

de estos sistemas lo hace inviable así como su dificultad para impartir la docencia de una manera no presencial.

Desde hace años se ha incluido en la docencia de este tipo de asignaturas opciones como podrían ser simuladores (Grimaldi, D.; Rapuano, S 2009) y diversos materiales multimedia, como fotos, videos, diagramas y otros. Los simuladores son necesarios para una buena formación en el área técnica, ya que generan las condiciones reales de trabajo del estudiante, de manera que ha de aprender a generar una actitud adecuada para resolver las cuestiones que genere el simulador, cuestiones que un futuro se va a encontrar en un futuro en el desarrollo de su actividad profesional, pero éstos suelen ser paquetes cerrados que dan muy poca flexibilidad al estudiante y no suelen permitir modificaciones fuera de las prefijadas por los desarrolladores de los mismos. De hecho existen carreras como la ingeniería marina o la ingeniería náutica en las que la utilización de estos simuladores son indispensables para la obtención del título académico o certificados necesarios para el desarrollo de sus profesiones.

Los recursos multimedia también son atractivos para la formación de los alumnos de enseñanzas técnicas, pero éstos tiene la limitación de que su utilización es en el aula y solo se interactúan entre alumnos y profesor, por este motivo ciertos aspectos del recurso pueden quedar infravalorados o simplemente no valorados si alguno de los interlocutores no lo destaca. Además de presentar la característica de poco flexible al igual que los simuladores.

### Actividades propuestas

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Los trabajos propuestos a los alumnos han sido las siguientes:

### *Generación de diagramas*

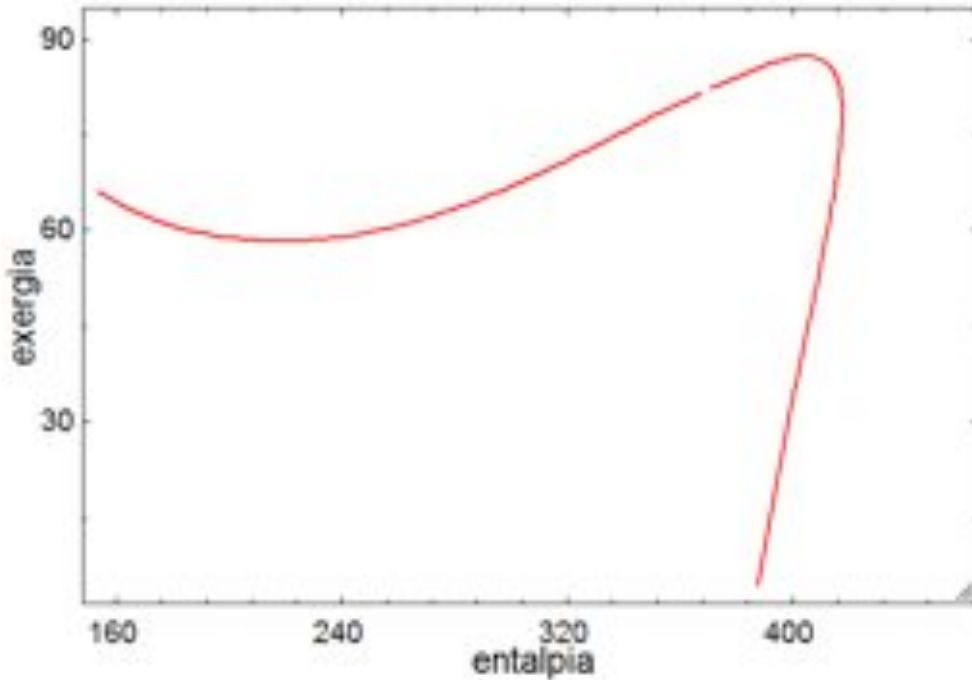
Para realizar la generación de diagramas hay que realizar un procedimiento que se describe a continuación:

- El primer paso consisten en seleccionar el fluido de trabajo.
- Hallar los estados termodinámicos del punto crítico del fluido elegido.
- Realizar una serie de interpolación para hallar las condiciones de líquido saturado, para entalpía, entropía y exergía.
- Realizar otra serie de interpolaciones para hallar las condiciones vapor saturado, para entalpía, entropía y exergía.
- Dibujar los datos seleccionados en un diagrama.

Una vez realizado esto el programa genera una dibujo de la campana de saturación del fluido seleccionado bien para exergía – entalpía o bien exergía – entropía. Se puede ver uno de estos diagramas en la figura mostrada a continuación.



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD



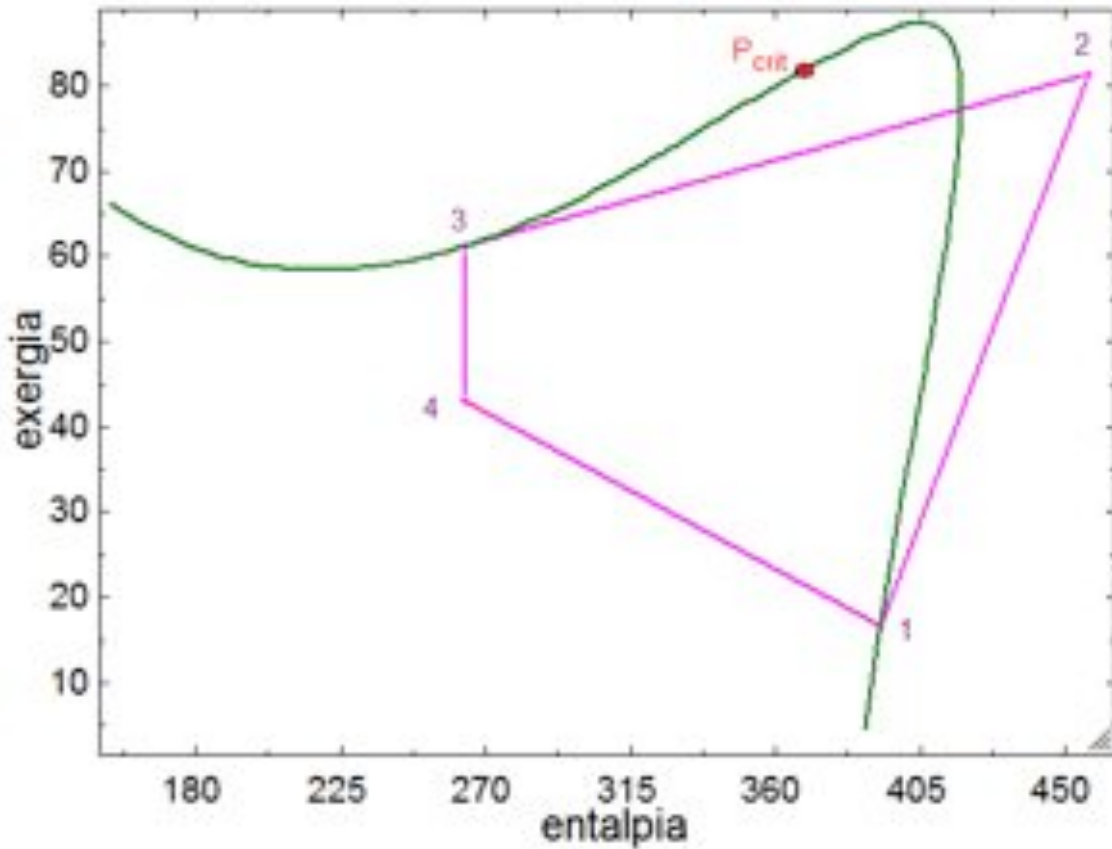
**Figura 1. Diagrama exergía – entalpía.**

### *Balance exergético*

La realización del balance exergético consiste simplemente en aplicar los conocimientos teóricos en una aplicación práctica concreta, de manera que no se especifica ningún ejemplo práctico en este trabajo, pero se muestra el resultado gráfico de un trabajo realizado en la experiencia.



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD



*Figura 2. Resultado de un balance exergético.*

### Sistema de evaluación

#### *Evaluación de la participación*

La evaluación de la participación del alumnado ha sido de dos tipos: cuantitativa y cualitativa. La evaluación cuantitativa es simple, ya que simplemente se basa en tener en



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

cuenta el número de participaciones del alumno en el total de las actividades propuestas; mientras que la evaluación cualitativa se basa en la calidad de estas aportaciones, en lo que se refiere en el procedimiento para realizar las tareas propuestas.

### *Evaluación de las aportaciones*

La evaluación de las aportaciones ha sido puramente objetiva, de manera que en cada tarea realizada se le asignaba una puntuación.

### c) Resultados y/o conclusiones

Los principales resultados obtenidos tras el trabajo realizado son los siguientes:

- Una participación muy elevada tanto en el porcentaje de los alumnos de la asignatura como en el número de sus intervenciones. Aumento de motivación y mejora de la actitud docente de los que participaron.
- Mejora de la formación de los alumnos en la temática y material tratado en el Engineering Equation Solver, debido al elevado interés que suscitan en los alumnos participantes.
- El material más adecuado para su exposición y desarrollo con el Engineering Equation Solver, es el de carácter teórico con aplicaciones prácticas, puesto que el Engineering Equation Solver es una herramienta más adecuada y dinámica que las tradicionales clases magistrales y las posteriores pruebas evaluativas.



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Las principales conclusiones que se extraen de los resultados del trabajo realizado son las siguientes:

- La participación de los alumnos es mayor y de mejor calidad a través del Engineering Equation Solver que con la metodología docente tradicional. Este hecho se traduce en una mayor motivación y calidad en la docencia, con los resultados finales que esto genera.
- El Engineering Equation Solver es la plataforma idónea para la presentación de informes, diagramas aclaratorios, gráficos de resultados y otros recursos multimedia y recursos tradicionales relacionados con la asignatura; además de permitir también debatir y discutir sobre ellos.
- El aprendizaje global del conjunto del alumnado es mayor con este método de docencia, ya que es una metodología más adecuada y porque todas las aportaciones de todos los participantes están disponibles para todos los demás y permanecen en la aplicación para futuros alumnos.

### 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

J.A. Orosa García, Termodinámica aplicada con EES. Tróculo Artes graficas 2008

M. Wald, Trends in Engineering Education. International Journal of Engineering Education. IEEE 2007.



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Brenner, A.; Shacham, M.; Cutlip, M., B. Applications of mathematical software packages for modelling and simulations in environmental engineering education. Environmental Modelling & Software 20 (2005) 1307 - 1313. ELSEVIER 2005.

Ruchter, M.; Klar, B.; Geiger, W. Comparing the effects of mobile computers and traditional approaches in environmental education. Computers & Education. 54 (2010) 1054 - 1067.

Carleton-Hug, A.; Hug, J.; W. Challenges and opportunities for evaluating environmental education programs. Evaluation and Program Planning. 33 (2010) 159 - 164. ELSEVIER 2010.

<http://www.fchart.com/ees/>

Grimaldi, D.; Rapuano, S. Hardware and software to design virtual laboratory for education in instrumentation and measurement. Measurement 42 (2009) 485 - 493.

National Instruments, LabVIEW documentation. Available at: <<http://www.ni.com/labview>>.

National Instruments, Integrating the Internet into Your Measurement System, DataSocket Technical Overview. Available at: <<http://www.ni.com/labview>>.

National Instruments, LabVIEW RT documentation. Available at: <<http://www.ni.com/labviewrt>>.

Hilburn, T., B.; Hislop, G.; Bagert, D., J.; Lutz, M.; Mengel, S.; McCracken, M.; Guidance for the development of software engineering education programs. The Journal of Systems and Software 49 (1999) 163 - 169

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2





## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Naveda, J., Lutz, M., 1998. Crafting a baccalaureate program in software engineering. In: Proceedings of the 10th Conference on Software Education & Training, IEEE Computer Society Press, Virginia Beach, VA, pp. 74 - 80.

Grupe, F., H.; Urwiler, R.; Ramarapu, N., K.; Owran, M.; The application of case-based reasoning to the software development process. Information and Software Technology 40 (1998) 493–499

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2

