

Educación para la sostenibilidad en docencia de ingeniería informática

MARÍA RITA CONCEPCIÓN GARCÍA, FÉLIX RODRÍGUEZ EXPÓSITO, SERGIO CLEGER TAMAYO
Facultad de Informática Matemática. Universidad Holguín, Cuba

JOSÉ PABLO SUÁREZ RIVERO Y PILAR ABAD REAL
Departamento de Cartografía y Expresión Gráfica en la Ingeniería. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,
España

1. Introducción

La formación curricular del ingeniero informático no puede desconocer que la tecnología es un fenómeno social que forma parte de la cultura. Si la tecnología es un hecho cultural, su práctica requiere de transformación social en la elección de alternativas de proceder para dar respuesta a las necesidades de desarrollo en un contexto dado [1].

En la década por una educación para la sostenibilidad (2005-2014) declarada por Naciones Unidas, la Universidad de Holguín (UHOLM), Cuba y la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España, se integran en un proyecto de colaboración internacional para fomentar actitudes y comportamientos favorables al desarrollo sostenible en la formación de ingenieros informáticos.

A finales de la década de 1960 y principios de 1970, tuvo inicio la idea de conciliar el crecimiento económico con lo ecológico. Fue en el informe Brundtland [9] que se planteó el desafío del desarrollo sostenible, en él se propone como un proceso de cambio progresivo en la calidad de vida del ser humano, que lo coloca como centro y sujeto primordial del desarrollo, por medio del crecimiento económico con equidad social y la transformación de los métodos de producción y de los patrones de consumo, en convivencia pacífica y armonía con la naturaleza, sin comprometer y garantizar la calidad de vida de las generaciones futuras [3].

Así pues, vemos la importancia que puede tener la educación de una cultura para un desarrollo sostenible en el funcionamiento de la sociedad [13]. Es poco común asociar lo ambiental con la informática, sin embargo el surgimiento de la computación ha penetrado en el desarrollo de todos los sectores sociales. El concepto desarrollo sostenible en sus objetivos económico, social y ambiental impone un reto en la formación de ingenieros informáticos en la concepción de una cultura de gestión de tecnología apropiada, lo que significa el diseño de productos informáticos para satisfacer una necesidad ajustándolos a las condiciones y posibilidades del cliente para que estos perduren en la solución de problemas de la actividad profesional en su entorno social.

Entre los principios básicos de una concepción para la gestión de tecnología apropiada, el Colectivo de autores del Grupo de Estudio de Sociedad y Tecnología de la Universidad de la Habana [2] plantea:

Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação

ISSN: 1681-5653

n.º 59/2 – 15/06/12

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI-CAEU)

Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI-CAEU)



- Abarcar la innovación tecnológica como un proceso de investigación que comienza con la detección de una situación problemática y culmina con la modificación socialmente útil y ventajosa, desde el punto de vista comercial, de dicha situación en la práctica, lo cual supone estudios de factibilidad técnica, económica, socio ambiental y cultural.
- Formación de recursos humanos con capacidades de aprendizaje, investigación, creatividad y sólida formación socio humanista que permita elegir con sencillez y sensibilidad la tecnología en beneficio del hombre y la naturaleza.

Como se aprecia en los principios anteriores, el ingeniero informático requiere una cultura tecnológica, que le permita enfrentarse a la producción de forma competente para la gestión de proyectos informáticos sostenibles.

La Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya (UHOLM) incorporó la carrera ingeniería informática a partir del curso 1999/2000, mediante el Plan de estudio "C" [14]. La revisión de este documento evidenció que los objetivos generales del currículo, así como los objetivos específicos de disciplinas no orientan la educación para la sostenibilidad en el desempeño profesional del ingeniero informático acorde con las exigencias del entorno local y nacional.

En el curso 2008-2009 inició un nuevo plan de estudios "D" [15] para la carrera de ingeniería informática que resuelve insuficiencias del plan anterior. Entre las transformaciones de este currículo incluye un objetivo general de formación del profesional que orienta al enfoque de desarrollo sostenible. Apoyado además por una estrategia curricular transversal de formación medio ambiental que refuerza la idea de preparar al estudiante para realizar análisis económico y de impacto ambiental en la gestión de software.

A pesar de la intencionalidad educativa planteada anteriormente, los estudiantes muestran insuficiencias en la valoración de sostenibilidad de sus proyectos de grado y los docentes no cuentan con herramientas prácticas que favorezcan la educación para la sostenibilidad en el desempeño de los ingenieros informáticos. Esto favoreció determinar el siguiente **problema científico**: ¿Cómo favorecer la educación para la sostenibilidad en la formación profesional del ingeniero informático?

Para resolver este problema se desarrolló una investigación con el siguiente **objetivo**: Elaborar un procedimiento para la valoración de sostenibilidad de un producto informático soportado en una aplicación web a través de la docencia en la formación profesional del ingeniero.

Como resultado de la investigación se aporta un procedimiento para la valoración de sostenibilidad de un producto informático con base en las dimensiones socio humanista, administrativa, ambiental y tecnológica, el cual se soporta en una aplicación web. Este procedimiento se ha aplicado durante varios cursos con resultados satisfactorios que constituyen argumentos de su factibilidad en la educación para la sostenibilidad en docencia de ingeniería informática.

2. Metodología investigativa

Para la solución del problema se emplearon los siguientes métodos científicos: análisis y síntesis, para el procesamiento de la información en la elaboración teórica y empírica, así como en las conclusiones.

Histórico-lógico, para determinar el proceso evolutivo del problema y de los fundamentos de la investigación. Hermenéutico, en el proceso de análisis, interpretación e inferencias para la crítica científica de la teoría que se sistematiza y para la comprensión profunda de la sostenibilidad de productos informáticos. El enfoque sistémico estructural en la elaboración de los presupuestos teóricos y el procedimiento. La encuesta y la entrevista, para obtener información sobre el estado de opinión de estudiantes, profesores y directivos en relación con el proceso de enseñanza aprendizaje de la valoración de sostenibilidad de productos informáticos. Además se diseñó una puesta en práctica del procedimiento para la valoración de sostenibilidad de un producto informático en un programa de Ingeniería Informática. Para el procesamiento de la información se utilizaron herramientas estadísticas.

3. Educación para la sostenibilidad a través de la docencia en la formación profesional del ingeniero informático

La sostenibilidad es un término asociado a la educación ambiental. La educación ambiental es una dimensión de la formación integral de los estudiantes universitarios con la finalidad de prepararlos para su desempeño profesional y social. Esta es una aspiración y un reto de las instituciones de educación superior. Abordar este tema requiere comprenderlo desde la base del análisis de los conceptos que lo soportan como medio ambiente, educación ambiental y desarrollo sostenible.

La concepción del ambiente ha estado ligada al componente natural, casi de manera exclusiva, en busca de la protección y conservación de recursos naturales y ecosistemas. El concepto de medio ambiente no se puede reducir sólo a la conservación de la naturaleza, asociado a problemas de contaminación de las aguas, contaminación de la atmósfera y pérdida de la biodiversidad, entre otros. Durante mucho tiempo no se ha tenido en cuenta la incidencia de los aspectos sociales, culturales, políticos y económicos, lo cual junto al problema natural, es causa de su deterioro visto con un enfoque integrador.

Medio ambiente es más complejo y abarca el medio natural y social. El medio ambiente como resultado de las interacciones entre los sistemas sociales y naturales [8,10]. Aceptar esta consideración permite entender el medio ambiente como sistema con el fin de una gestión integrada en la atención de todos los factores que afectan su funcionamiento.

Se asume que la educación ambiental es el proceso continuo y permanente, que constituye una dimensión de la educación integral de todos los ciudadanos, orientada a que en la adquisición de conocimientos, desarrollo de hábitos, habilidades, capacidades y actitudes y en la formación de valores, se armonicen las relaciones entre los seres humanos, y éstos con el resto de la sociedad y la naturaleza, para propiciar la orientación de los procesos económicos, sociales y culturales hacia el desarrollo sostenible, Ley 81 del Medio Ambiente, Cuba [11].

Como se puede apreciar en la definición anterior, la política ambiental cubana concibe que la educación ambiental debe ser el eje orientador de la sostenibilidad, lo cual requiere formar modos de actuación en nuestros profesionales que sean compatibles con el desarrollo sostenible en todos los sectores de la producción y servicios, ya sean mecánicos, civiles, agropecuarios o informáticos.

De esta manera el estudiante universitario, en la vinculación de la teoría con la práctica y los problemas del entorno se forma como un gestor ambiental previniendo o mitigando riesgos de impacto social, económico, ambiental y tecnológico del producto profesional que ofrece al usuario como propuesta de solución al problema o necesidad social que resuelve a través de proyectos. El producto se refiere a un software, sistema informático, entre otros.

Si la educación ambiental debe ser orientada a la sostenibilidad, el reto está en encontrarle sentido y significado en relación con la informática. Para ello analicemos qué es desarrollo sostenible o sustentable.

Sustentable o sostenible son sinónimos y semánticamente significa un proceso o estado que es posible mantenerse en el tiempo. A finales de la segunda mitad del siglo pasado hay un replanteamiento del concepto de desarrollo y aparece el concepto desarrollo humano. Aparejado a ello, se acepta la dimensión social del desarrollo a la cual se suma, posteriormente, la variable ambiental.

Fue en Estocolmo, Suecia 1972, en la Conferencia sobre Medio Humano, donde se establecieron las bases de la sustentabilidad del desarrollo económico, buscando evaluar costos ecológicos a consecuencia de los patrones de producción y consumo. En 1992, en la Conferencia de la Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil, se dejó claramente planteado el vínculo que tienen los procesos de crecimiento y desarrollo económico con el medio ambiente.

El desarrollo humano y el medio ambiente son parte del enfoque de desarrollo sustentable o sostenible. El crecimiento económico se orienta hacia la sustentabilidad. La Comisión mundial sobre medio ambiente y desarrollo dirigida por la primera ministra Noruega, Señora Brundtland, publicó en 1988 el concepto desarrollo sustentable, como un proceso de transformación en el cual la explotación de recursos, la dirección de innovaciones, la orientación de técnicas y los cambios institucionales se hacen de manera armoniosa y refuerzan el potencial presente y futuro, permitiendo responder mejor a las necesidades y aspiraciones de la humanidad [9].

El desarrollo sostenible requiere tener en cuenta una serie de factores que pueden ser riesgos de afectaciones ambientales, económicas, culturales, sociales, en la actividad que realizamos, por ello es importante que la formación del profesional tenga un enfoque de sostenibilidad.

4. Procedimiento para la valoración de sostenibilidad de un producto informático

En busca de encontrar una vía de la educación para la sostenibilidad en la formación de ingenieros informáticos, durante los años 2004-2006 se llevó a cabo una investigación en la carrera de ingeniería informática de la UHOLM [3]. Como resultado de la misma se diseñó un modelo de educación para la sostenibilidad que relaciona la interacción dialéctica entre problemas de informatización empresarial y social vs gestión de proyectos informáticos sostenibles.

Para la solución de esta contradicción, la investigación antecedente aporta un procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático. El procedimiento diseñado por Concepción, R., 2006 [3] favorece valorar la sostenibilidad desde la etapa de diseño del proyecto, evaluando factores de tipo

económicos, ambientales, sociales y tecnológicos del Producto Informático (PI) que favorece su autorregulación, para la satisfacción de la necesidad que resuelve, con un uso racional de recursos y la toma de decisiones adecuadas a las condiciones del contexto. En este trabajo se mantiene que la educación ambiental universitaria se sustente en criterios del desarrollo sostenible integrándolo al modo de actuación profesional [3,4].

Para la valoración de sostenibilidad de un producto informático se establecieron las dimensiones administrativa, sociohumanista, ambiental y tecnológica, lo que permite hacer una valoración de impactos para un proyecto sostenible. Las dimensiones socio humanista, administrativo, ambiental (coinciden con los tres objetivos del desarrollo sostenible: social, ambiental, económico) y se incluye la dimensión tecnológica, que se refiere al conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, valores, para producir, distribuir y utilizar bienes y servicios requeridos para el desempeño profesional. Estas cuatro dimensiones favorecen la valoración integrada de la sostenibilidad de un producto informático. Las mismas se caracterizan como:

- Dimensión administrativa: Factores económicos de ahorro, gasto, precio de venta, calidad de la producción y los servicios, administración de recursos, toma de decisiones administrativas
- Dimensión socio humanista: Modo de vida, desarrollo de un grupo social, satisfacción de necesidades sociales, formación ético humanista, la ciencia y la tecnología como procesos sociales
- Dimensión ambiental: Condiciones favorables o no a las personas o cosas, minimizar daños e impactos negativos al medio ambiente
- Dimensión tecnológica: Uso de tecnología adecuada y asimilable con el contexto y el usuario.

4.1 ¿Qué es valoración de sostenibilidad de un producto informático?

En este trabajo se entiende la valoración de sostenibilidad de un producto informático como el proceso de evaluación preventiva de impacto ambiental, socio humanista, administrativo y tecnológico de un producto informático desde su diseño, que favorece su autorregulación para la satisfacción de la necesidad actual y perspectiva que resuelve, con un uso racional de recursos y la toma de decisiones de tecnología apropiada a las condiciones del contexto y el cliente [3,4].

Para caracterizar producto informático sostenible se han tenido en cuenta los conceptos de: producto, informática, actual, perspectiva y desarrollo sostenible.

- Producto: cosa producida. Aquello que se elabora mediante el trabajo [5].
- Informática: conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de ordenadores [6].
- Actual: el momento presente, aludiendo a los acontecimientos que están teniendo lugar en el momento de hablar. [6].
- Perspectiva: para acontecimiento que se presenta posible en un futuro. El negocio promete una perspectiva favorable [5].
- Desarrollo sostenible se asumió del Informe Brundtland [9].

Se considera que un producto informático es sostenible en la medida que el mismo perdura en el tiempo para satisfacer la necesidad social actual y perspectiva que se logra con su aplicación.

Con base en lo anterior, el procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático constituye el conjunto de acciones interrelacionadas que facilita la toma de decisiones adecuadas para la sostenibilidad de un producto informático.

Con la inserción al currículo de este procedimiento se propone formar al estudiante como sujeto activo de su aprendizaje, como un ser humano preparado en métodos y técnicas para el uso racional de recursos (tecnológicos, económicos, humanos, entre otros) en el desarrollo de un producto informático comprometido con el desarrollo sostenible de la informática en su entorno.

De esta manera el ingeniero informático desarrolla acciones de prevenir o mitigar riesgos de impacto social, económico, ambiental y tecnológico del producto profesional que ofrece al usuario como propuesta de solución al problema o necesidad social que resuelve.

El reto de la educación para el desarrollo sostenible, llevado al plano profesional de la formación de ingenieros informáticos se traduce en la búsqueda de cómo incorporar el eje transversal de educación para la sostenibilidad, en las acciones de diseñar, programar, implantar, mantener y auditar un sistema informático, que constituye su modo de actuación profesional, la sostenibilidad a través de los proyectos de informatización social y empresarial que desarrollan incorporado de forma coherente en la docencia y el trabajo científico estudiantil.

El procedimiento se ha estructurado en dimensiones, factores y preguntas orientadoras. Consta de cuatro dimensiones de valoración de sostenibilidad de un PI (administrativa, socio humanista, ambiental y tecnológica), 26 factores que realizan las dimensiones y preguntas asociadas a cada factor con el objetivo de orientar la valoración personal del sujeto.

Las preguntas tienen una función metacognitiva en la orientación valorativa de sostenibilidad del PI. Estas favorecen que cada individuo apropie el procedimiento y lo adapte a su conducta como un modo de actuación profesional. De esta manera la valoración de sostenibilidad de un PI va formando la cualidad profesional de compromiso con el desarrollo sostenible de su profesión en el entorno. La metacognición tiene que ver con la regulación o planificación del aprendizaje del procedimiento y con la interiorización del conocimiento propio del proceso o estrategias personales utilizadas para realizar la valoración de sostenibilidad de un producto informático.

El procedimiento se diseñó mediante varias rondas del método Criterio de expertos. El mismo se presenta a continuación (fig. 1).

Figura 1
 Procedimiento para la valoración de sostenibilidad de un producto informático¹.

DIMENSIONES de valoración de sostenibilidad de un Producto Informático (PI)	FACTOR de sostenibilidad de un PI	PREGUNTAS ORIENTADORAS para la valoración de sostenibilidad de un PI
ADMINISTRATIVA (Ahorro, gasto, calidad de la producción y los servicios, administración de recursos, toma de decisiones administrativas)	Costo de elaboración del PI	¿Cuánto cuesta elaborar el PI?
	Costo de aplicación del PI	¿Cuánto cuesta aplicar el PI?
	Ahorro de recursos con el PI	¿Qué recursos se ahorran con el PI?
	Influencia del PI en la calidad de la producción y/o servicios que se logran con su aplicación.	¿Cómo influye el PI en la calidad de la producción y/o servicios? ¿En qué medida el PI minimiza el tiempo de trabajo en el proceso que realiza?
	Genera ingresos directos o indirectos a la organización usuaria	¿El PI genera ingresos directos o indirectos a la organización?
	Nivel de ayuda para la toma de decisiones administrativas	¿En qué medida el PI ayuda para la toma de decisiones administrativas?
	Alternativa del Software utilizado para la elaboración del PI	¿El software o la plataforma utilizada para la elaboración del PI es libre o depende de licencia pagada?
SOCIO-HUMANISTA (Modo de vida, desarrollo de un grupo social, satisfacción de necesidades sociales, formación ética humanista de los gestores de PI, la ciencia y la tecnología como procesos sociales)	Problema social que resuelve el PI	¿Qué necesidad social resuelve el PI?
	Nivel de generalización del PI	¿Qué posibilidad de generalización tiene el PI en dependencia de la necesidad social que resuelve?
	Satisfacción por la mejora de condiciones de trabajo o de vida de los usuarios	¿Cómo el PI mejora las condiciones de trabajo o de vida de los usuarios?
	Generación de nuevas fuentes de empleo-disminución de empleo	¿Se genera y/o disminuye empleos con el uso del PI?
	Influencia del PI en la formación ética del profesional que lo produce	¿Cómo contribuye el PI en la formación de la responsabilidad, la solidaridad, la modestia, la honestidad y el compromiso con el desarrollo sostenible de su entorno? ¿Cómo influye el PI en la competencia profesional para la gestión de proyectos informáticos sostenibles?
	Aceptación/Rechazo al cambio por el uso del PI	¿Cómo favorecer la aceptación del PI? ¿Cómo mitigar el rechazo al cambio de los usuarios, por el uso del PI?
	Novedad del conocimiento con la elaboración del PI	¿La elaboración del PI hace aporte a la ciencia o la tecnología? ¿Hay registro de la propiedad intelectual como derecho de autor, patentes, marcas?
AMBIENTAL (Condiciones favorables o no a las personas o cosas, minimiza daños e impactos)	Ahorro de recursos que generan daños al ambiente	¿El PI ahorra recursos que generan daños al ambiente?
	Uso adecuado de colores y ruido	¿El PI usa colores agresivos a la vista o genera contaminación por ruido? ¿Cómo favorece una interfaz agradable al entorno del usuario?
	Impacto directo al medio ambiente	¿El PI tiene impacto directo favorable o desfavorable al medio ambiente?
	Riesgos de estrés psicológico de los usuarios	¿Cómo evitar el estrés psicológico de los usuarios por el uso del PI?
	Reusabilidad de componentes y recursos	¿Se puede reutilizar algún recurso o componente en la elaboración y uso del PI? ¿El PI, o parte de él puede ser utilizado en otro PI?
	Nivel de afectación a la salud de los usuarios	¿Cómo se prevé la mitigación de efectos dañinos a la salud por riesgos intrínsecos al puesto de trabajo tales como: • Contaminación luminosa para la visión • Tendinitis por movimiento repetitivo de los miembros superiores

¹ Fuente: CONCEPCIÓN, Rita (2006). *Estrategia para la gestión de productos informáticos sostenibles*. Universidad de Holguín, Tesis de maestría en Gestión Ambiental.

DIMENSIONES de valoración de sostenibilidad de un Producto Informático (PI)	FACTOR de sostenibilidad de un PI	PREGUNTAS ORIENTADORAS para la valoración de sostenibilidad de un PI
		<ul style="list-style-type: none"> • Angustia causada por deficiente interacción persona-ordenador • Afectaciones de columna de los usuarios por el tiempo de trabajo con el PI?
<p style="text-align: center;">TECNOLÓGICA (Uso de tecnología adecuada y asimilable con el usuario)</p>	Competencias profesionales de los usuarios para implantar y aplicar el PI	¿Tiene preparación profesional el usuario para la implantación y aplicación del PI?
	Infraestructura electrónica de la organización para implantar y aplicar el PI	¿Cuenta la organización con la infraestructura electrónica necesaria para implantar y usar el PI?
	Nivel de independencia de la organización usuaria para el sostenimiento del PI	¿Cuál es el nivel de independencia de la organización usuaria con respecto del productor para el sostenimiento del PI?
	Toma de decisiones adecuadas de sostenibilidad tecnológica del PI	¿Cuál es la decisión tecnológica más apropiada asimilable con el usuario y el contexto para elaborar y aplicar el PI?
	Vulnerabilidad el PI	¿Qué factores tecnológicos constituyen riesgos de vulnerabilidad del PI?
	Mantenibilidad evolutiva, robustez del PI	¿El PI admite la posibilidad de adaptarse a los cambios futuros para garantizar su evolución?
<p>Conclusiones de la valoración de sostenibilidad del PI: Realice una valoración general respondiendo cómo el PI satisface la necesidad que resuelve, con un uso racional de recursos y la toma de decisiones apropiadas a las condiciones del contexto y el cliente.</p>		

Este procedimiento para realizar la valoración de sostenibilidad de un producto informático constituye un medio de enseñanza aprendizaje de la educación orientada a la sostenibilidad, y una herramienta personal para el estudiante, que favorece la toma de decisiones adecuadas al cliente y el contexto, lo cual es característico de un proyecto sostenible.

5. Herramienta automatizada como soporte del procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático

El procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático elaborado en 2006, se aplicó durante tres cursos por todos los estudiantes de la carrera de ingeniería informática de la UHOLM, constituyendo un eje transversal articulador de la diversidad de contenidos del plan de estudios en la unidad de la educación para la sostenibilidad. El mismo favoreció a los estudiantes apropiar un proceder para valorar la sostenibilidad de un producto informático. Una encuesta realizada a estudiantes y profesores tutores de trabajos de diploma de esta carrera en el año 2008, con el objetivo de obtener su opinión sobre el procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático, permitió determinar los aspectos positivos siguientes:

- Todos los encuestados han utilizado el procedimiento y lo consideran muy importante y útil para el ingeniero informático.
- El procedimiento sirve para orientar actitudes de diseño de un producto informático que se ajuste a las condiciones y necesidades del cliente.
- Permite prever y regular factores de tipo económico, social, ambiental y tecnológico desde el diseño del proyecto para desarrollar un software sostenible.

Al indagar por aspectos negativos o debilidades que deberían ser modificados, plantearon que:

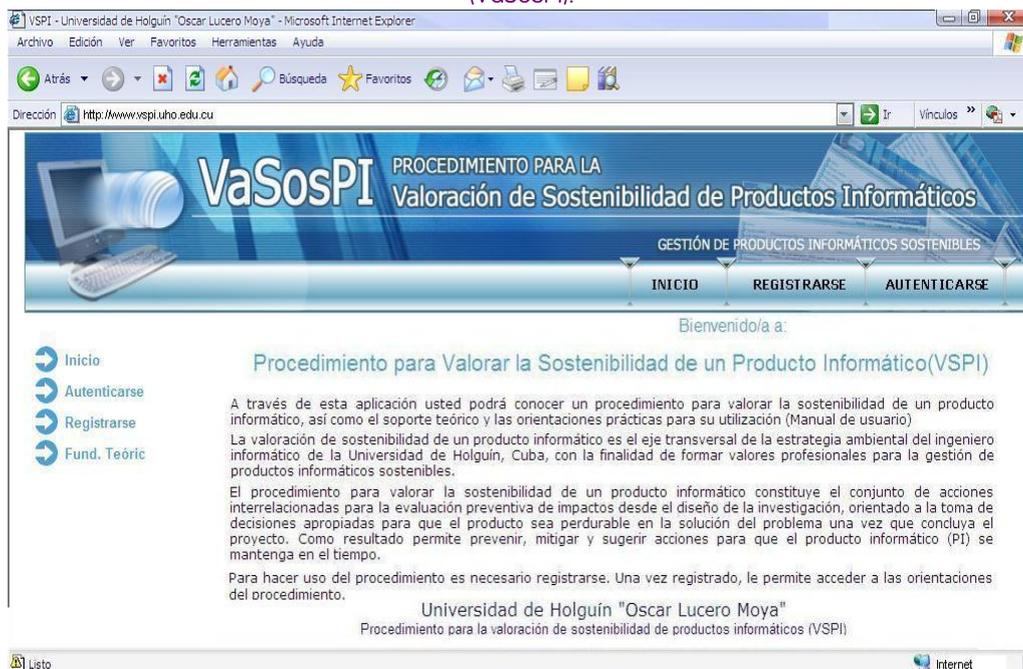
- El procedimiento no contempla una escala evaluativa que permita estimar el nivel de alcance de la sostenibilidad del producto informático.
- La valoración de sostenibilidad de un producto informático usando el procedimiento, se redacta de forma manual, sin alguna herramienta virtual que genere el informe de valoración, lo que trae como consecuencia que algunos estudiantes, para agilizar el informe opten por copiar y pegar una valoración anterior y reescribir sobre ella la valoración de sostenibilidad de su producto, cometiendo los correspondientes errores que ese ajuste conlleva y negando la flexibilidad de la creación personal.

Los resultados de la encuesta muestran conformidad de los estudiantes y profesores con el procedimiento, sin embargo se requiere mejorar su funcionamiento relacionado con la necesidad de una escala evaluativa del nivel de alcance de la sostenibilidad estimada, así como la necesidad de su digitalización.

Ello exigió la continuidad de la investigación antecedente en un segundo momento (2008-2011), con la finalidad de elaborar un sistema automatizado que soportara el procedimiento, así como insertarle al mismo una escala evaluativa cualitativa que permita estimar el nivel de alcance de la sostenibilidad del producto informático.

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) favorecerán que el procedimiento se realice de forma ágil a través de una herramienta automatizada [9]. Para ello se desarrolló una aplicación web (figura 2) como soporte del mismo.

Figura 2
Página principal de la aplicación Web para la Valoración de Sostenibilidad de Productos Informáticos (VaSosPI).



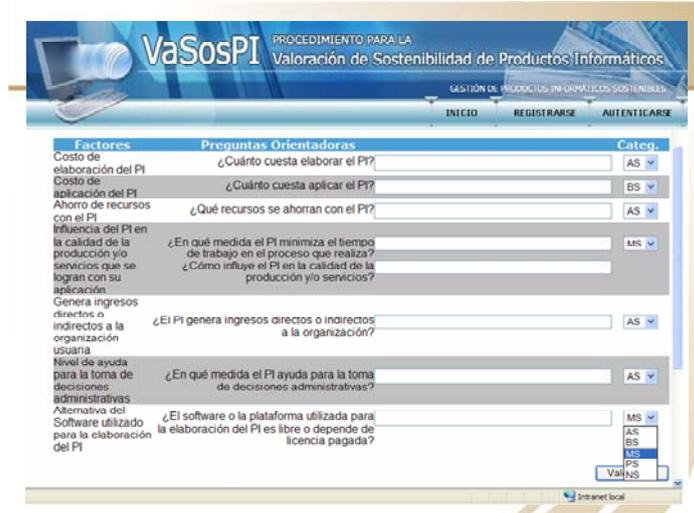
El sistema consta con una página para cada dimensión que contiene los factores y las preguntas orientadoras. Al procedimiento soportado en una aplicación web se le incorporaron cinco categorías evaluativas de la sostenibilidad en orden descendente: Altamente sostenible (AS), Bastante sostenible (BS), Medianamente sostenible (MS), Poco sostenible (PS), No sostenible (NS).

Para proceder a la valoración de sostenibilidad de un producto informático con este procedimiento el usuario recibe las siguientes tareas:

- responde las preguntas asociadas a los factores en cada dimensión, para lo cual realizarás las acciones necesarias que te permitan dar la respuesta con la mayor objetividad sobre el producto informático diseñado.
- Seleccione la categoría (AS, BS, MS, PS, NS) que se corresponda con el grado de sostenibilidad que usted otorga a cada uno de los factores que conforman el procedimiento para la valoración de sostenibilidad de productos informáticos. Tenga en cuenta los siguientes criterios para otorgar categoría de sostenibilidad:
 - ✓ Posibilidad de que perdure la necesidad de usar el producto informático.
 - ✓ El producto informático satisface la necesidad social actual y perspectiva que generó su elaboración.
 - ✓ Uso racional de recursos y toma de decisiones adecuadas de sostenibilidad tecnológica.
 - ✓ Uso de tecnología apropiada en correspondencia con las posibilidades y necesidades del cliente y el contexto.

En la figura 3 se muestra un ejemplo para la Dimensión Administrativa en la que se aprecian los espacios para introducir las respuestas a las preguntas correspondientes a la valoración de los factores. Por ejemplo para valorar el primer factor "Costo de elaboración del producto" se responde la pregunta "¿Cuánto cuesta elaborar el producto?"; Esta respuesta requiere que se desarrollen acciones como en este caso, calcular el costo del producto informático. Una vez que se responden las preguntas de un factor, se le otorgará al mismo una categoría a juicio del desarrollador. El sistema despliega las cinco categorías. Para seleccionar la categoría evaluativa a cada factor se analizan los criterios para tomar decisiones y otorgar una categoría de sostenibilidad.

Figura 3
 Página preguntas orientadoras de la dimensión administrativa para la valoración de sostenibilidad de Productos Informáticos (VaSosPI).



Una vez digitalizadas las respuestas a las preguntas que valoran los factores de una dimensión y otorgada la categoría a todos los factores, el sistema deriva automáticamente una categoría evaluativa general de sostenibilidad de la dimensión, lo cual facilita una interacción dinámica entre el diseñador y el producto que le ayuda para regular el proyecto (figura 4).

Finalmente se elaboran conclusiones de la valoración de sostenibilidad del producto informático generalizando sobre la necesidad actual y perspectiva que satisface, uso racional de recursos y la toma de decisiones apropiadas a las condiciones del contexto y el cliente. Así como sugerir acciones para que el producto sea duradero una vez que termine el proyecto. Para ello se orienta la pregunta

¿Qué recomendaciones finales usted sugiere en cada dimensión para que el producto se mantenga en el tiempo satisfaciendo la necesidad actual y perspectiva que lo generó, de acuerdo con las condiciones del contexto y el cliente?

Figura 4
Página Dimensiones para la Valoración de Sostenibilidad de Productos Informáticos (VaSosPI).

Dimensiones	Descripción	Valoración Sostenibilidad
Administrativa	Ahorro, gasto, calidad de la producción y los servicios, administración de recursos, toma de decisiones administrativas	Todavía no se ha realizado la valoración de esta dimensión
Socio-Humanista	Modo de vida, desarrollo de un grupo social, satisfacción de necesidades sociales, formación ético humanista de los gestores de PI, la ciencia y la tecnología como procesos sociales	NS
Ambiental	Condiciones favorables o no a las personas o cosas, minimiza daños e impactos	Todavía no se ha realizado la valoración de esta dimensión
Tecnológica	Uso de tecnología adecuada y asimilable con el usuario	NS

Informe de la valoración de sostenibilidad del producto informático

<< Ir Atrás

Una aplicación web como soporte del procedimiento potenciará su uso por los estudiantes y la capacitación de profesionales de la producción, favoreciendo que las empresas reconozcan la sostenibilidad como un indicador o sello de calidad de un producto informático y utilizar conocimiento de los factores endógenos que inciden en la apropiación de las innovaciones tecnológicas por parte de las empresas. Así, este procedimiento puede contribuir a movilizar las capacidades de las empresas de productos informáticos, constituyéndose en una herramienta de generación de conocimiento para la sostenibilidad que modifique y reelabore las competencias organizativas.

6. Resultados obtenidos con la aplicación del procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático en la formación profesional del ingeniero

Para llegar a conclusiones sobre la pertinencia del procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático en la formación profesional del ingeniero, el mismo fue puesto en práctica en la carrera de Ingeniería Informática en la Universidad “Oscar Lucero Moya” de Holguín, Cuba durante los años 2008 y 2009. Se diseñó esta intervención de forma tal que se pueda hacer comparaciones entre dos grupos del año 2008 y dos grupos del año 2009, donde existiera la presencia y ausencia del procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático soportado en una aplicación web:

Año 2008	Año 2009
Grupo A ²⁰⁰⁸ , presente el procedimiento	Grupo A ²⁰⁰⁹ , presente el procedimiento
Grupo B ²⁰⁰⁸ , sin presencia del procedimiento	Grupo B ²⁰⁰⁹ , sin presencia del procedimiento

Se seleccionaron dos grupos de estudiantes de décimo semestre en la etapa de Trabajo de Diploma (Proyecto de grado) tanto en 2008 como 2009.

Para la intervención en la práctica se diseñaron seis momentos de la siguiente forma:

- Aplicar el procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático según las orientaciones que brinda la aplicación web para los grupos “A” en 2008 y 2009.
- Dar seguimiento mediante tres controles parciales, además la predefensa y la defensa del proyecto de grado, al trabajo con la valoración de la sostenibilidad de un producto informático:
 - Control 1: Evaluar el uso del procedimiento para valorar la sostenibilidad del producto informático del Trabajo de diploma y reflexión sobre su importancia en la formación del ingeniero informático.
 - Control 2: Valoración de sostenibilidad del producto informático, aplicado al proyecto preliminar del Trabajo de Diploma.
 - Control 3: Valoración de sostenibilidad del producto informático, aplicado al proyecto definitivo del Trabajo de Diploma.
 - Control 4: Valoración de sostenibilidad del producto informático, en la predefensa del Trabajo de Diploma.
 - Control 5: Valoración de sostenibilidad del producto informático, en la defensa del Trabajo de Diploma. La valoración de sostenibilidad del producto informático queda plasmada como parte del Trabajo de Diploma (tesis) en el capítulo correspondiente a la calidad del producto informático desarrollado.
- Los cinco controles deben cumplir con el principio de la gradación del nivel de complejidad al cual debe enfrentarse el estudiante.

Los cinco controles se diseñaron con carácter de sistema incrementando la complejidad. El primero estuvo dirigido a medir la preparación del estudiante para utilizar el procedimiento y su reflexión sobre para qué le sirve el mismo en su vida profesional. Los restantes cuatro controles se hicieron coincidir con los cortes parciales y final que evalúa la carrera a estudiantes en trabajo de diploma, desde el proyecto preliminar hasta la tesis final y su defensa.

- Los controles se aplican durante el segundo semestre de cada año escolar, en los grupos seleccionados según las condiciones descritas anteriormente.

- Los controles se califican en la escala de 0 a 5 puntos, de acuerdo con las categorías evaluativas de la Educación Superior cubana.
- Los resultados se procesan de la siguiente forma; se analiza la nota de cada estudiante en los cinco controles, los cuales se llevan a un eje de coordenadas (eje "x", los cinco controles y eje "y" nota obtenida en cada control) y posteriormente se obtiene la línea de tendencia para llegar a conclusiones de su evolución en la etapa de trabajo con la valoración de la sostenibilidad de un producto informático y la factibilidad del proyecto de grado. Si la pendiente de la línea de tendencia es positiva el estudiante evoluciona favorablemente en la etapa de trabajo, si la pendiente es igual a cero en la etapa de trabajo no se produce ningún efecto y si la pendiente es negativa en la etapa de trabajo la influencia es negativa.
- Por último se realiza análisis de los resultados obtenidos por los estudiantes dentro del grupo y entre los grupos, para determinar si existen diferencias en el comportamiento en la valoración de la sostenibilidad de un producto informático y la factibilidad del proyecto de grado.

Análisis de resultados: Los momentos del uno al cinco se desarrollaron según se describen.

Se centrará la atención en la discusión de los puntos seis y siete de los momentos declarados anteriormente:

En lo referente al comportamiento de cada estudiante en la aplicación del procedimiento para la valoración de la sostenibilidad de un producto informático, este se realizó a través del estudio de las líneas de tendencia, poniéndose de manifiesto tres tipos de casos (Figura 5):

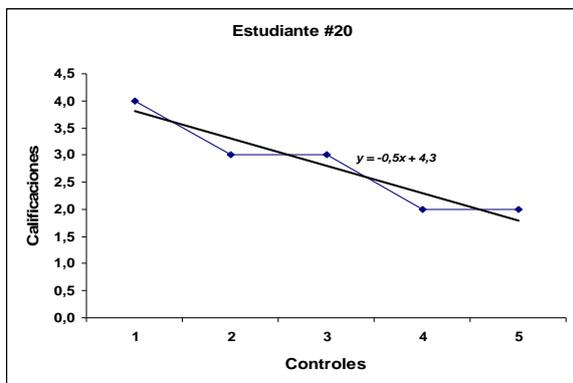
- a) La pendiente de la línea de tendencia es positiva, se considera que el estudiante evoluciona favorablemente en la etapa de trabajo y se le asigna signo positivo (+). Ejemplo estudiante #29.
- b) La pendiente de la línea de tendencia es negativa, se considera que el estudiante no evoluciona favorablemente en la etapa de trabajo y se le asigna signo negativo (-). Ejemplo estudiante #20.
- c) La pendiente de la línea de tendencia es cero, se considera que el estudiante no cambia sus resultados en la etapa de trabajo y se le asigna cero (0). Ejemplo estudiante #25.

A continuación se pone un ejemplo de estos casos:

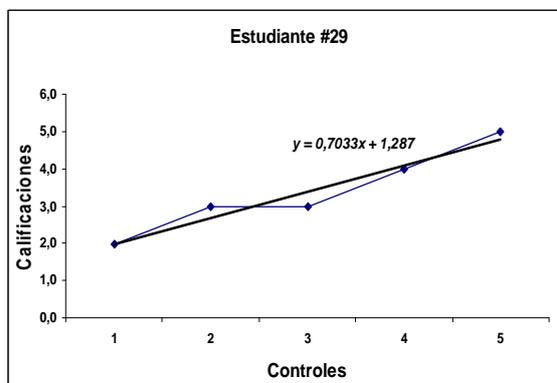
Figura 5

Ejemplo de casos del estudio de líneas de tendencias

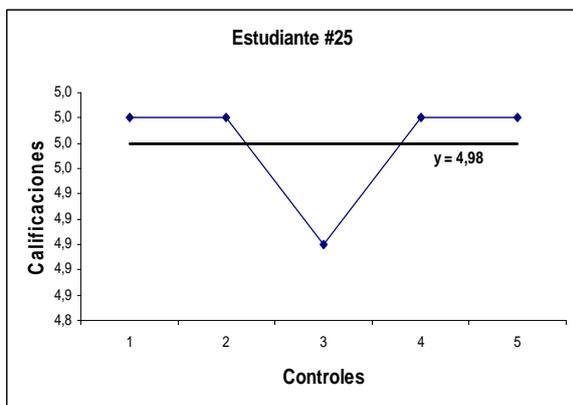
Estudiante #20 del grupo B²⁰⁰⁹ (estudiante que evoluciona desfavorablemente):



Estudiante #29 del grupo B²⁰⁰⁸ (estudiante que evoluciona favorablemente):



Estudiante #25 del grupo A²⁰⁰⁹ (estudiante que no muestra cambios):



En las figuras anteriores, el eje "y" se corresponde con la nota de los controles realizados y en el eje "x" están ubicados cada uno de los controles en el transcurrir del tiempo. En el caso de la primera figura, el estudiante #20 del grupo B²⁰⁰⁹, la pendiente de la línea de tendencia es negativa, lo que implica que ha existido una propensión a disminuir la nota en las actividades realizadas en el tránsito del estado inicial al final. Para el caso del estudiante #29 del grupo B²⁰⁰⁸ ocurre todo lo contrario, ha existido una tendencia al aumento de la nota en los controles en el paso del estado inicial al final. El estudiante #25 del grupo A²⁰⁰⁹, no muestra cambios en el transcurso del estado inicial al final.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en los cinco controles a los proyectos de grado y en el cálculo de la pendiente de cada uno de los estudiantes que participa en la puesta en práctica del procedimiento para la valoración de la sostenibilidad de un producto informático, por medio de la tabla 1:

Tabla 1

Resultados de los grupos en el cálculo de las pendientes de los estudiantes que participan en la puesta en práctica del procedimiento para la valoración de la sostenibilidad.

Categoría	Grupo A ²⁰⁰⁸ , presente el procedimiento		Grupo B ²⁰⁰⁸ , sin presencia del procedimiento		Grupo A ²⁰⁰⁹ , presente el procedimiento		Grupo B ²⁰⁰⁹ , sin presencia del procedimiento	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
-	8	24,24	14	43,75	3	9,68	7	23,33
+	25	75,76	18	56,25	27	87,10	23	76,67
0	0	0,00	0	0,00	1	3,23	0	0,00

Se aprecia en la tabla anterior, en los controles realizados donde está presente el procedimiento para la valoración de sostenibilidad de un producto informático (grupos A), que la proporción de signos positivos es superior a la proporción de los resultados que se obtienen cuando no está presente la propuesta. Para verificar si estas diferencias son significativas se realizó un análisis de varianza cuyos resultados se muestran en la tabla 2.

Del análisis de varianza (ANOVA) se puede observar que para el caso de los dos grupos que están tratados con el procedimiento para la valoración de la sostenibilidad de un producto informático (A²⁰⁰⁸ y A²⁰⁰⁹) existen diferencias significativas entre las notas, demostrado por los resultados del ANOVA, no así para los grupos que no reciben el tratamiento (B²⁰⁰⁸ y B²⁰⁰⁹), por tanto si bien hay un incremento en las notas de estos grupos la diferencia que existe entre ellas no es significativa, sin embargo si son significativas en los grupos A²⁰⁰⁸ y A²⁰⁰⁹, lo que demuestra la pertinencia de la propuesta.

Tabla 2

Resultados de los grupos en cuanto al análisis de varianza en función de las notas de los estudiantes que participan en la puesta en práctica de la propuesta.

Grupos	RESULTADO DEL ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F de Fisher	Probabilidad	Valor crítico para F
A ²⁰⁰⁸	Entre grupos	13,4176	4	3,3544	2,5964	0,0384	2,4282
	Dentro de los grupos	206,7087	160	1,2919			
	Total	220,1263	164				
B ²⁰⁰⁸	Entre grupos	5,7263	4	1,43157	0,9677	0,4271	2,4320
	Dentro de los grupos	221,9146	150	1,47943			
	Total	227,6409	154				
A ²⁰⁰⁹	Entre grupos	18,1922	4	4,5480	5,5572	0,0003	2,4300
	Dentro de los grupos	126,8533	155	0,8184			
	Total	145,0455	159				
B ²⁰⁰⁹	Entre grupos	10,4319	4	2,60797	2,0266	0,0937	2,4341
	Dentro de los grupos	186,5922	145	1,28684			
	Total	197,0240	149				

7. Conclusiones generales

- El procedimiento para valorar la sostenibilidad de un producto informático es eje articulador de la educación para la sostenibilidad en la formación profesional del ingeniero informático.
- La valoración de sostenibilidad de un producto informático favorece prevenir y mitigar riesgos de impacto de tipo económico-administrativo, ambiental, socio humanista y tecnológico del producto informático y potenciará que se mantengan en el tiempo proporcionando que las empresas asuman la sostenibilidad como un factor de calidad de su producto.
- El procedimiento de valoración de sostenibilidad de un producto informático, fue puesto en práctica en el programa de Ingeniería Informática en la Universidad "Oscar Lucero Moya de Holguín, Cuba, y demostró que los estudiantes obtienen mejores resultados en calidad y cantidad en el desarrollo de sus proyectos de grado.

Referencias bibliográficas

- CASTRO Fidel (2004). Ciencia Tecnología y Sociedad. Hacia un desarrollo sostenible en la era de la globalización. La Habana, Editorial científico técnica.
- COLECTIVO DE AUTORES GEST (1999). Tecnología y Sociedad. La Habana, Editorial Félix Varela.
- CONCEPCIÓN Rita (2006). Estrategia para la gestión de productos informáticos sostenibles. Universidad de Holguín, Tesis de maestría en Gestión Ambiental.
- CONCEPCIÓN, Rita., RODRÍGUEZ, Félix., SUÁREZ, José Pablo (2010). Procedimiento para valorar la sostenibilidad en la ingeniería informática. Memorias XVIII Congreso Universitario de Innovación en las Enseñanzas Técnicas, Santander, España.
- Diccionario Enciclopédico Vox 1. © 2009 Larousse Editorial, S.L.
- Diccionario de la lengua española (vigésima segunda edición), Real Academia Española, 2001
- Estrategia Nacional Ambiental (1997). CITMA. La Habana.
- EPSTEIN Marc (2000). *El desempeño ambiental en la empresa*. Santa Fe de Bogotá, Ediciones ECOE
- Informe Brundtland de la Comisión Mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo, 1998.
- Informe simposio del 5e Congrès Mondial d'éducation relative à l'environnement (2009) Educación a las ciencias y educación ambiental,, Montreal, 10-14 mai 2009
<http://www.5weec.uqam.ca/ES/suite_congres.asp> [Consulta: junio 2010].
- Ley 81 del Medio Ambiente (1997) Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, la Habana, Cuba.
- MEZA Miguel (2002). Importancia del Manejo de Estrategias Didácticas para el uso educativo de las nuevas tecnologías de Información y comunicación, en Educación, pág.1-5.
<<http://funredesorg/mistica/castellano/ciberoteca/participantes/docupart/espdoc71html>> [Consulta: dic. 2007].
- PALMA Liliam. Fortalecimiento de la capacidad interdisciplinaria en Educación Ambiental, en Revista Iberoamericana de Educación No. 16 - Educación Ambiental y Formación: Proyectos y Experiencias, en <www.rieoei.org/oeivirt/rie16.htm> [Consulta: dic. 2010]
- Plan de estudios de la Carrera de Ingeniería Informática (1998). Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba.
- Plan de estudios de la Carrera de Ingeniería Informática (2008). Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba.
- SAUVÉ Lucie, ORELLANA Isabel (2010). De una América a otra (Tomo 1) Montreal, Canadá. Publicaciones Ere-UQAM. Universidad de Québec.