

UN MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE CON LA SOSTENIBILIDAD COMO CARACTERÍSTICA TRANSVERSAL

Rosana Leo (1); Carlos Salgado(2); Alberto Sánchez(2); Mario Peralta(2)

(1) Universidad Nacional de La Rioja. La Rioja, La Rioja

(2) Universidad Nacional de San Luis. San Luis, San Luis

*E-mail del autor de contacto: leorosana@gmail.com

RESUMEN: El software es la herramienta necesaria para las más diversas y variadas gestiones en la actualidad. La elección del mismo se hace en función a requerimientos específicos y respetando ciertos criterios de calidad que se evalúan mediante modelos o estándares. La sostenibilidad, habitualmente se relaciona con el medio ambiente, pero si lo entendemos desde sus dimensiones: ambiental, técnica, económica y social, y como el concepto que trasciende múltiples disciplinas, es posible relacionarlo con la calidad del software como aquella característica transversal al modelo o estándar que la caracteriza. En el presente trabajo se define un modelo de calidad en base a la ISO/IEC 25010 y a la sostenibilidad como característica transversal. Se definen las métricas e indicadores para analizar con criterios de sostenibilidad: en qué medida un software es sostenible.

Palabras clave: Modelo de Calidad de Software. ISO 25010. Sostenibilidad. Métricas e Indicadores. Recursos.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en todos los ámbitos y en la mayoría de las actividades, los sistemas se informatizaron, esto conlleva a la necesidad de que el software reúna ciertos criterios de calidad que permitan satisfacer las necesidades de los usuarios.

Pressman, en [1], define a la calidad del software como: *“Proceso eficaz de software que se aplica de manera que crea un producto útil que proporciona valor medible a quienes lo producen y a quienes lo utilizan.”*

En ISO/IEC 25000 [2] es la capacidad del producto de software para satisfacer necesidades declaradas e implícitas cuando se utiliza en determinadas condiciones.

En general, toda la literatura apunta a que es el cumplimiento y/o el grado de satisfacción de los requisitos tanto explícitos como implícitos.

La especificación y evaluación de la calidad del software es factor clave para garantizar el valor a las partes interesadas. Esto se puede lograr mediante la definición de las características de calidad necesarias y deseadas asociadas con las metas y objetivos del sistema. Es importante que dichas características se especifiquen, midan y evalúen siempre que sea posible utilizando medidas y métodos de medición validados o ampliamente aceptados [3].

Para garantizar la calidad de software, es importante implementar algún modelo o estándar que permita la gestión de atributos en el proceso de construcción de software, teniendo en cuenta que la concordancia de los requisitos y su construcción son la base de las medidas de calidad establecidas [4].

La ventaja de estos estándares es que la calidad se convierte en algo concreto, que se puede definir, medir y, sobre todo, planificar. Ayudan también a comprender las relaciones que existen entre las diferentes características de un producto de software.

Si bien la norma ISO 14001:2015 [5] proporciona a las organizaciones un marco con el que proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, manteniendo el equilibrio con las necesidades socioeconómicas, este estándar no incluye requisitos específicos para otros sistemas como lo son los de gestión de la calidad.

La Norma Internacional ISO/IEC 25010:2011 [3], una de las divisiones de la serie SQUARE, describe el modelo de calidad para el producto software, presentando características y subcaracterísticas de calidad, criterios a tener en cuenta al momento de la evaluación.

Por otro lado, si se habla de satisfacer necesidades, es importante tener en cuenta un término que se escucha cada vez con más frecuencia, como lo es **Sostenibilidad**. Surge en el año 1987 en el Informe de Brundtland [6], titulado “Nuestro futuro común”, y por la necesidad de estudiar y delimitar el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente.

En el 2015 un manifiesto expone principios y compromisos vinculados con el diseño sostenible [7]. Infiriendo que la sostenibilidad tiene múltiples dimensiones (social, medioambiental, económica, técnica y humana) y que todas deben analizarse. La dimensión humana abarca la libertad y el albedrío individuales (capacidad de actuar en un entorno), la dignidad humana y la realización. La dimensión social abarca las relaciones entre individuos o grupos. La dimensión económica abarca aspectos financieros, crecimiento de capital y la liquidez, inversiones y operaciones financieras. La dimensión técnica abarca la capacidad de mantenimiento y evolución de los sistemas a lo largo del tiempo. Y la dimensión ambiental abarca el uso y la administración de los recursos naturales, incluye temas de residuos, consumo de energía, equilibrio de los ecosistemas, cambio climático, etc.

Al hablar de tecnologías sostenibles, nos imaginamos un menor consumo de energía, empleo de menor cantidad de recursos, la no contaminación, el reciclado o reutilización, siempre enfocados en satisfacer las necesidades de la sociedad. De allí se define un **producto sostenible** como aquel que aporta beneficios ambientales, sociales y económicos resguardando la salud pública, el bienestar y el medio ambiente en todo su ciclo de vida.

En este contexto, el software también puede ser sostenible, cuando su desarrollo se basa en el uso adecuado de recursos y cuando su impacto negativo en la economía, la sociedad y el medio ambiente es mínimo o, en el mejor de los casos, resulta positivo respecto del desarrollo sostenible [8].

En 2017, se aplica un modelo de calidad del software al Módulo de Talento Humano del Sistema Informático Integrado Universitario de la Universidad Técnica del Norte de Ecuador. Mediante las normas ISO/IEC 25000, se aplicó el modelo que permitió medir y evaluar el módulo, definiendo una propuesta de mejora [9].

En 2018, se propone el “Catálogo de Diseño de Sostenibilidad del Software” [10] como la herramienta que permite integrar la sostenibilidad en el diseño. Es un conjunto de criterios derivados de los nueve principios del manifiesto de Karlskrona, basados en el análisis cruzado de diferentes sistemas. Para cada criterio se derivan indicadores relacionados con las dimensiones de la sostenibilidad y su orden de impactos.

Un aporte interesante surge del trabajo de Condori Fernández y Lago [11], quienes determinaron qué atributos de calidad del modelo ISO/IEC 25010 son más relevantes para las dimensiones de la sostenibilidad. Asignan niveles de contribución del atributo a la dimensión, que pueden ser: altamente contributiva, contributiva, ligeramente contributiva o no contributiva. Se comparan los resultados obtenidos en dos instancias diferentes obteniendo tres valores posibles (0, 1 o 2) que indican qué característica es más importante para la dimensión en estudio y cuál es el atributo más relevante.

Un trabajo más reciente, “Método para la evaluación de la sostenibilidad del software para el proceso de Compra y Contratación del sector público”, propone un método para que las entidades del sector público evalúen al adquirir software, la sostenibilidad del mismo, asegurando la calidad y favoreciendo la inversión óptima de los recursos del estado [12].

En base a lo anterior, se propone un modelo de calidad de software con la sostenibilidad como característica transversal junto con un conjunto de métricas e indicadores. Este instrumento sirve como apoyo a la toma de decisiones por parte de los encargados de evaluar el impacto del software en el medio ambiente. El modelo sirve también como una guía de las características deseables o esperables en un producto software que aporte a la sostenibilidad y al cuidado del medioambiente.

La estructura de este trabajo se organizó en las siguientes secciones: en la sección 2, un breve resumen describe la estructura de la norma de referencia, ISO/IEC 25000 (SQuaRE). En la sección 3, se desarrolla la propuesta de este trabajo. En la sección 4, se presenta el software, objeto de estudio. Y en la sección 5 se resumen conclusiones y trabajos futuros.

2. NORMAS ISO/IEC 25000

SQuaRE (Software Quality Requirements and Evaluation) es una familia de normas que tiene por objetivo crear un marco de trabajo para evaluar la calidad del producto software. Se basa en las anteriores ISO 9126 [13]. (que describe las particularidades de un modelo de calidad del producto software) y en ISO 14598 [14] (que trata la evaluación del software). Uno de los principales objetivos de la serie SQuaRE es la coordinación y armonización del contenido de ISO 9126 y de ISO 15939:2002 [15] (Measurement Information Model). ISO 15939 tiene un modelo de información que ayuda a determinar que se debe especificar durante la planificación, performance y evaluación de la medición.

SQuaRE está formada por las divisiones siguientes:

- **ISO/IEC 2500n.** División de gestión de calidad. Los estándares que forman esta división definen todos los modelos, términos y definiciones comunes que se referencian en los demás apartados de SQuaRE.

- **ISO/IEC 2501n.** División del modelo de calidad. El estándar que conforma esta división presenta un modelo de calidad detallado, incluyendo características para la calidad interna, externa y en uso del producto software.
- **ISO/IEC 2502n.** División de medición de calidad. Los estándares pertenecientes a esta división incluyen un modelo de referencia de medición de la calidad del producto software, definiciones matemáticas de las métricas de calidad y guías prácticas para su aplicación.
- **ISO/IEC 2503n.** División de requisitos de calidad. Los estándares que forman parte de esta división ayudan a especificar los requisitos de calidad. Estos requisitos pueden ser usados en el proceso de especificación de requisitos de calidad para un producto software que va a ser desarrollado o como entrada para un proceso de evaluación.
- **ISO/IEC 2504n.** División de evaluación de la calidad. Estos estándares proporcionan requisitos, recomendaciones y guías para la evaluación de un producto software, tanto si la llevan a cabo evaluadores, como clientes o desarrolladores.
- **ISO/IEC 25050–25099.** Estándares de extensión SQuaRE. Incluyen requisitos para la calidad de productos de software “Off-The-Self” y para el formato común de la industria (CIF) para informes de usabilidad.

3. MODELO DE CALIDAD PROPUESTO

Tomando como base el modelo de calidad propuesto por SQuaRE [3] y teniendo en cuenta el concepto de sostenibilidad y los principios del Manifiesto de Karlskrona, se definió un modelo (Figura 1) que incluye *transversalmente* a la sostenibilidad, esto significa que no será una característica aislada, sino que estará inmersa en todo el modelo mediante métricas que permitan evaluar el producto, teniendo en cuenta sus particularidades y objetivos.

La figura 1 ilustra el modelo de calidad con la nueva característica de “Sostenibilidad” que se incorpora y atraviesa toda la estructura complementándose con cada una de las características originales al incluir criterios sostenibles en la medición y evaluación de atributos.

En principio se analizó en qué subcaracterísticas del modelo se pueden definir métricas con criterios de sostenibilidad, teniendo en cuenta la relevancia de cada atributo para las distintas dimensiones de la sostenibilidad, como lo definieron en [9]. A los fines de este trabajo se considera que los atributos a evaluar para inferir la sostenibilidad son los detallados en la Tabla 1. Allí también se los relaciona con las dimensiones ambiental, económica, técnica y social.

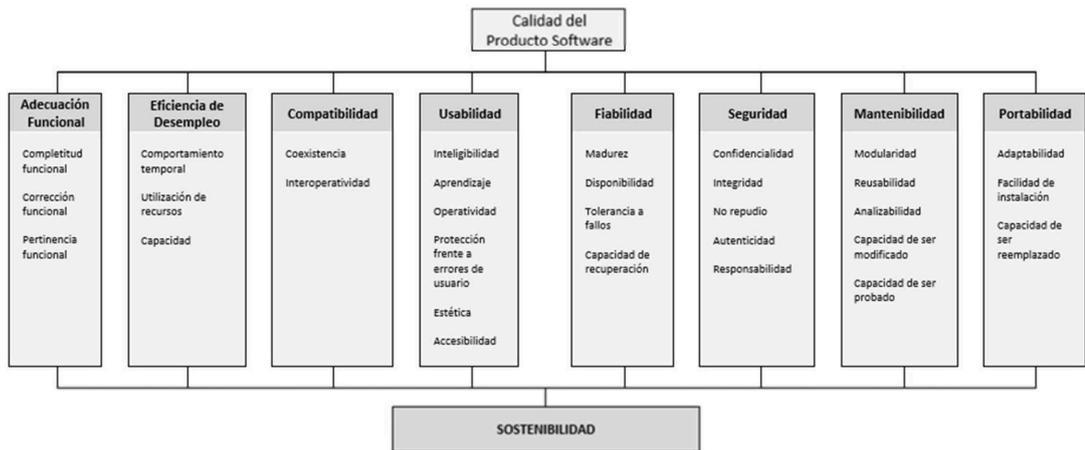


Figura 1. Modelo de Calidad del Producto Software propuesto

Tabla 1. Características y Atributos de Calidad del Software relacionados con las dimensiones de la sostenibilidad

CARACTERÍSTICA	ATRIBUTO	DIMENSIÓN
Adecuación Funcional	Corrección funcional	Técnica
	Capacidad	
Eficiencia de Desempeño	Utilización de recursos	Ambiental
	Compatibilidad	Técnica
Usabilidad	Protección frente a errores de usuarios	Social
	Accesibilidad	
Fiabilidad	Disponibilidad	Económica
	Capacidad de recuperación	
Seguridad	Confidencialidad	Social
	Autenticidad	
Mantenibilidad	Modularidad	Técnica
	Reusabilidad	Ambiental
	Capacidad de ser modificado	Técnica
Portabilidad	Adaptabilidad	
	Capacidad de ser reemplazado	

A continuación, en las figuras 2 y 3, se presentan ejemplos de métricas basadas en las desarrolladas en la Norma ISO/IEC 25023 [16]. En el modelo de calidad propuesto, se definieron y redefinieron métricas para las características “Eficiencia de desempeño” y “Seguridad”

EFICIENCIA DE DESEMPEÑO					
Subcaracterística	Métrica	Propósito	Función de medición	Elementos de medida de la calidad utilizados	Valor deseado
UTILIZACION DE RECURSOS	Uso de papel	Medir el uso de papel	$X = A / B$	A=Cantidad de informes en papel B=Cantidad total de informes (B>0)	Lo más cercano a 0 es mejor.
CAPACIDAD	Usuarios conectados simultáneamente	Medir la cantidad de usuarios conectados	$X = A / T$	A=Número máximo de accesos simultáneos T= Tiempo de operación (T>0)	El más lejano a 0/T es el mejor.

Figura 2. Métricas para la característica Eficiencia de Desempeño

SEGURIDAD					
Subcaracterística	Métrica	Propósito	Función de medición	Elementos de medida de la calidad utilizados	Valor deseado
CONFIDENCIALIDAD	Control de accesos	Conocer el número de accesos ilegales	$X = A / B$	A=Número de ingresos ilegales detectados B=Número total de accesos (B>0)	$0 < X < 1$ El más cercano a 0 es el mejor
AUTENTICIDAD	Autenticación de la identidad del usuario	Conocer de qué manera se autentica la identidad del usuario	$X = A$	A=Número de métodos de autenticación	$X >= 0$ X mayor o igual a 2 es el mejor.

Figura 3. Métricas para la característica Seguridad

4. CASO DE ESTUDIO

En la provincia de La Rioja, en el poder ejecutivo, se está procurando tener un gobierno digital. En esta idea de un gobierno 4.0, hay varias instancias o etapas de desarrollo de software. Una de las condiciones que se debía cumplir era tener el menor impacto ambiental posible. En este sentido, la Directora de Compras y Contrataciones de la provincia bajó las directivas al equipo de desarrollo sobre qué necesidades se debían satisfacer. De las reuniones entre los diversos interesados surgió la necesidad de definir qué características debía tener el producto software a desarrollar. Esto llevó a tener que pensar qué características de sostenibilidad eran necesarias de considerar. Para ello, se definió un modelo de calidad que permitiera evaluar en qué medida el desarrollo que se llevaba a cabo estaba respetándolo. Junto al modelo de calidad se definió un conjunto de métricas e indicadores para cada atributo de calidad considerado. En el área de desarrollo se está implementando el "Sistema de Contrataciones".

Para cumplir el requerimiento solicitado se realizó un análisis de los procesos de negocio que se venían llevando a cabo. Había que identificar puntualmente qué procesos eran necesarios considerar para digitalizar para disminuir el impacto ambiental. Se trabajó en el módulo de gestión de proveedores, juntamente con las publicaciones de las contrataciones.

El modelo de calidad propuesto, junto con las métricas e indicadores, se instanciaron tanto para los procesos de negocio manuales como digitales. Del análisis llevado a cabo surge que había un gran desperdicio de recursos tipo papel, consumo eléctrico, mala disposición de los recursos humanos, limitaciones operativas, entre otras. Por ejemplo, luego del estudio, y ya con el sistema implementado siguiendo las recomendaciones de sostenibilidad que el modelo de calidad propuesto satisfacía, se procedió a hacer una nueva evaluación de las ventajas obtenidas.

En particular, para validar el modelo de calidad propuesto junto con las métricas e indicadores se lo aplicó al Sistema de Contrataciones de la provincia de La Rioja, específicamente al módulo de Gestión de Proveedores y Contratistas del Estado.

Una de las características en la que se centró el interés de la gerencia era lo referido al medioambiente. Luego del análisis de la situación actual versus el estado que se deseaba alcanzar, que era el menor impacto en el medioambiente, se procedió a instanciar el modelo de calidad.

Al haber implementado el legajo electrónico de proveedores se eliminó tanto el comprobante de registro como toda la documentación respaldatoria de la persona (física o jurídica) que en principio se presentaba o emitía en papel, actualmente son archivos digitales. El promedio de documentación por proveedor para su registro es de diez archivos, los cuales varían según el tipo y características de cada persona. Actualmente, si bien existe la posibilidad de impresión de la documentación, se ha logrado despapelizar por completo el proceso de registro.

También existía el inconveniente de la cantidad de gente en paralelo que se podía registrar en determinados períodos de licitaciones, compras, etc. Se debían apersonar a la Dirección de Compras y Contrataciones para realizar el trámite con toda la documentación respaldatoria impresa. En el mejor de los casos, se atendían seis personas simultáneamente por hora, En la actualidad se podría establecer como límite de accesos en paralelo a cien usuarios en el mismo periodo de tiempo.

A modo de ejemplo a continuación se muestra que, como parte del modelo de calidad, se tiene la característica Eficiencia de Desempeño que cuenta con los atributos: Uso de Recursos y Capacidad. Y la característica Seguridad con las subcaracterísticas: Confidencialidad y Autenticidad. Al instanciar el modelo de calidad y aplicar las métricas e indicadores se obtuvieron los resultados que se detallan en las figuras 4 y 5 que ponen de manifiesto las necesidades que ahora se estaban satisfaciendo, quedando detalles para mejorar, por ejemplo, respecto de la Autenticidad, debería agregarse un segundo factor de autenticación para algunas operaciones del sistema:

EFICIENCIA DE DESEMPEÑO						
Subcaracterística	Métrica	Función de medición	Elementos de medida de la calidad utilizados	EJERCICIO	Valores	Valor deseado
UTILIZACIÓN DE RECURSOS	Uso de papel	$X = A / B$	A=Cantidad de informes, documentación o comprobantes de proveedor impresos B=Cantidad total de informes, documentación o comprobantes de proveedores (B>0)	2019	X = 9 / 10 X = 0,9	Lo más cercano a 0 es mejor.
				2021	X = 0 / 10 X = 0	
CAPACIDAD	Usuarios conectados simultáneamente	$X = A / T$	A=Número máximo de accesos simultáneos para determinada gestión T= Tiempo de operación medido en minutos(T>0)	2019	X = 6 / 60 X = 0,1	El más lejano a 0/t es el mejor.
				2021	X = 100 / 60 X = 1,66	

Figura 4. Valores de métricas de Eficiencia de Desempeño

SEGURIDAD						
Subcaracterística	Métrica	Función de medición	Elementos de medida de la calidad utilizados	EJERCICIO	Valores	Valor deseado
CONFIDENCIALIDAD	Control de accesos	$X = A / B$	A=Número de ingresos ilegales detectados B=Número total de accesos (B>0)	2019	X = 6 / 2000 X = 0,003	0<=X<=1 El más cercano a 0 es el mejor
				2021	X = 3 / 3500 X = 0,0008	
AUTENTICIDAD	Autenticación de la identidad del usuario	$X = A$	A=Número de métodos de autenticación	2019	X = 1	X>=0 X mayor o igual a 2 es el mejor
				2021	X = 1	

Figura 5. Valores de métricas de Seguridad

Solamente con los valores obtenidos de las métricas, no es posible estimar un concepto calculable, para ello son necesarios puntos de referencia que permitan comparar y determinar niveles de cumplimiento, además facilitan la evaluación a partir de criterios de decisión asociados. Así, se propusieron los Indicadores de figura 6.

Observando los resultados obtenidos en las métricas respecto, por ej. del uso del papel, se analiza, se compara de acuerdo a la valoración de la figura 6, que evoluciona de “Malo” a “Muy Bueno”, se concluye en las ventajas de implementar un software que favorezca la despapelización mediante la gestión digital de los proveedores del Estado, sobre todo porque en la provincia todavía es un tema a implementar en muchas gestiones y trámites.

PUNTUACIÓN (valor óptimo: el más cercano a 1)	VALORACIÓN	PUNTUACIÓN (valor óptimo: el más cercano a 0)
1	Muy bueno	0
0,8	Bueno	0,2
0,5	Regular	0,5
0,2	Malo	0,8
0	Muy malo	1

Figura 6. Valoración de resultados de métricas

Un análisis similar fue realizado para otros recursos que pueden impactar en el medio ambiente como el consumo energético, la emisión de residuos, la capacidad de las personas, y se está trabajando en la detección de otros elementos que puedan ser analizados. Los mismos no son detallados en el presente trabajo por motivos de espacio.

5. CONCLUSIONES

El modelo de calidad propuesto permitió obtener mejoras en lo que respecta al impacto del producto software sobre el medioambiente. No se encontraron en la bibliografía consultada trabajos científicamente probados sobre la evaluación de la sostenibilidad del software. Algunos autores coinciden en que se puede caracterizar a través del estándar ISO/IEC 25000, evaluando sus atributos más relevantes respecto de las dimensiones ambiental, económica, técnica y social. Siguiendo esa línea de estudio, se definió el modelo de calidad que se propone en este trabajo donde la sostenibilidad sea una característica transversal al modelo, estando inmersa en la evaluación a través de criterios sostenibles dependiendo de las particularidades y objetivos del software.

La utilización de la Norma ISO/IEC 25000 como base para el modelo de calidad propuesto fue de gran aceptación por parte del equipo de desarrollo de software por ser un estándar ampliamente conocido y utilizado por la empresa.

Al implementarse el sistema, se observaron ventajas en distintos ámbitos. Desde el Estado, eficiencia transaccional, mayor competencia, eficiencia en el ciclo de contratación y satisfacción de los usuarios. Desde el punto de vista de los proveedores, facilidad de acceso al mercado público, mayor participación y facilidad de registro. Y desde el punto de vista social en general, transparencia en la gestión pública.

Aplicar el modelo propuesto, evaluando métricas, como las del ejemplo presentado anteriormente, en dos momentos diferentes del Sistema de Compras y Contrataciones de la provincia, permitió inferir que actualmente el software es sostenible respecto de las dimensiones técnica y ambiental (en este caso), debido a promover mediante la gestión digital de los proveedores del Estado, el uso responsable de recursos.

Al momento de esta presentación, nos encontramos trabajando en el módulo de Licitaciones Pública. Para lo cual se está utilizando el modelo de calidad definido, tanto como guía de desarrollo de la experiencia adquirida como instrumento de evaluación.

6. BIBLIOGRAFIA

1. R. Pressman; "Ingeniería de Software. Un enfoque práctico" 9ª Ed. McGraw-Hill Interamericana, 2021
2. ISO/IEC 25000 Systems and software engineering-Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQUARE)
3. ISO/IEC 25010 Systems and software engineering-Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQUARE) System and software quality models
4. Callejas-Cuervo, Mauro; Alarcon-Aldana, Andrea Catherine; Álvarez-Carreño, Ana María. Modelos de calidad del software, un estado del arte. En: Entramado. Enero - Junio, 2017. vol. 13, no. 1, p. 236-250
5. ISO/IEC 14001 Environmental management systems - Requirements with guidance for use
6. CMMAD. Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1987). Informe Brundtland: "Nuestro futuro común".
7. Christoph Becker. Manifiesto Karlskrona. Sustainability design and software. 2015
8. Naumann - Dick - Kern - Johan. El modelo GREENSOFT: un modelo de referencia para el software verde y sostenible y su ingeniería.
9. Vaca Sierra, Tulia Nohemi. Modelo de Calidad de Software aplicado al módulo de Talento Humano del Sistema Informático Integrado Universitario. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. 2017.
10. Oyedeji, Shola – Seffah Ahmed – Pensestadler Birgit. Catálogo de Diseño de Sostenibilidad del Software (Suiza). 2018.
11. Fernández, N.C. y Lago P. "Characterizing the contribution of quality requirements to software sustainability". Revista de Sistemas y Software, Vol. 137 pag 289-305. Marzo 2018.
12. Carrascal Vergara, Carlos David. Método para la evaluación de la Sostenibilidad del Software para el proceso de Compra y Contratación del Sector Publico. Universidad de Antioquia. 2021.
13. ISO/IEC 9126 Software engineering – Product quality.
14. ISO/IEC 14598 Information technology – Software product evaluation.
15. ISO/IEC 15939 Software engineering – Software measurement process.
16. ISO/IEC 25023 Systems and software engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQUARE) - Measurement of system and software product quality.