

# Calidad de productos: la sostenibilidad como características a lograr en los productos software

## Product Quality: Sustainability as Characteristics to be achieved in Software Products

Presentación: 26 y 27 de octubre de 2022.

### **Rosana Leo**

Departamento de Informática – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales – Universidad Nacional de San Luis  
leorosana@gmail.com

### **Carlos Salgado**

Departamento de Informática – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales – Universidad Nacional de San Luis  
csalgado@unsl.edu.ar

### **Mario Peralta**

Departamento de Informática – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales – Universidad Nacional de San Luis  
mperalta@unsl.edu.ar

### **Alberto Sanchez**

Departamento de Informática – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales – Universidad Nacional de San Luis  
alfanego@unsl.edu.ar

### **Javier Saldarini**

Facultad Regional San Francisco – Universidad Tecnológica Nacional  
Saldarinijavier@gmail.com

### **Claudio Carrizo**

Facultad Regional San Francisco – Universidad Tecnológica Nacional  
cjcarrizo77@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. Este trabajo de investigación se enmarca dentro de los siguientes proyectos de Investigación: Ingeniería de Software: Estrategias de Desarrollo, Mantenimiento y Migración de Sistemas en la Nube –

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. Proyecto N° P-03-2020 y el Proyecto de Investigación y Desarrollo PID UTN 7901 de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco

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

## Abstract

The software is the necessary tool for the most diverse and varied procedures today. The choice of the same is made based on specific requirements and respecting certain quality criteria that are evaluated through models or standards. Sustainability is usually related to the environment, but if we understand it from its dimensions: environmental, technical, economic and social, and as a concept that transcends multiple disciplines, it is possible to relate it to software quality as that transversal characteristic of the model or standard that characterizes it. In this paper, a quality model is defined based on ISO/IEC 25010 and sustainability as a transversal characteristic. The metrics and indicators are defined to analyze with sustainability criteria: to what extent a software is sustainable. This research work is part of the following research projects: Software Engineering: Strategies for the Development, Maintenance and Migration of Cloud Systems – Faculty of Physical-Mathematical and Natural Sciences, National University of San Luis. Project No. P-03-2020 and the Research and Development Project PID UTN 7901 of the National Technological University, San Francisco Regional Faculty.

**Keywords:** Software Quality Model. ISO 25010. Sustainability. Metrics and Indicators. Means.

## 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 (Pressman 2021), 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 (ISO/IEC 2014) 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 (ISO/IEC 2014).

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 (Callejas-Cuervo, Alarcón-Aldana et al. 2017). 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 (ISO/IEC 2015) 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 (ISO/IEC 2014), 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 (CMMAD-ONU 1987), 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 (Becker 2015). 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 (Naumann, Dick et al. 2011).

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 (Vaca Sierra 2017).

En 2018, se propone el “Catálogo de Diseño de Sostenibilidad del Software” (Oyededeji, Seffah et al. 2018) 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 (Fernández and Lago 2018), 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 (Carrascal Vergara 2021).

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.

## Nuestra Propuesta

A continuación, se presenta gráficamente el modelo de calidad con base en la norma ISO/IEC 25010 (Figura 1).

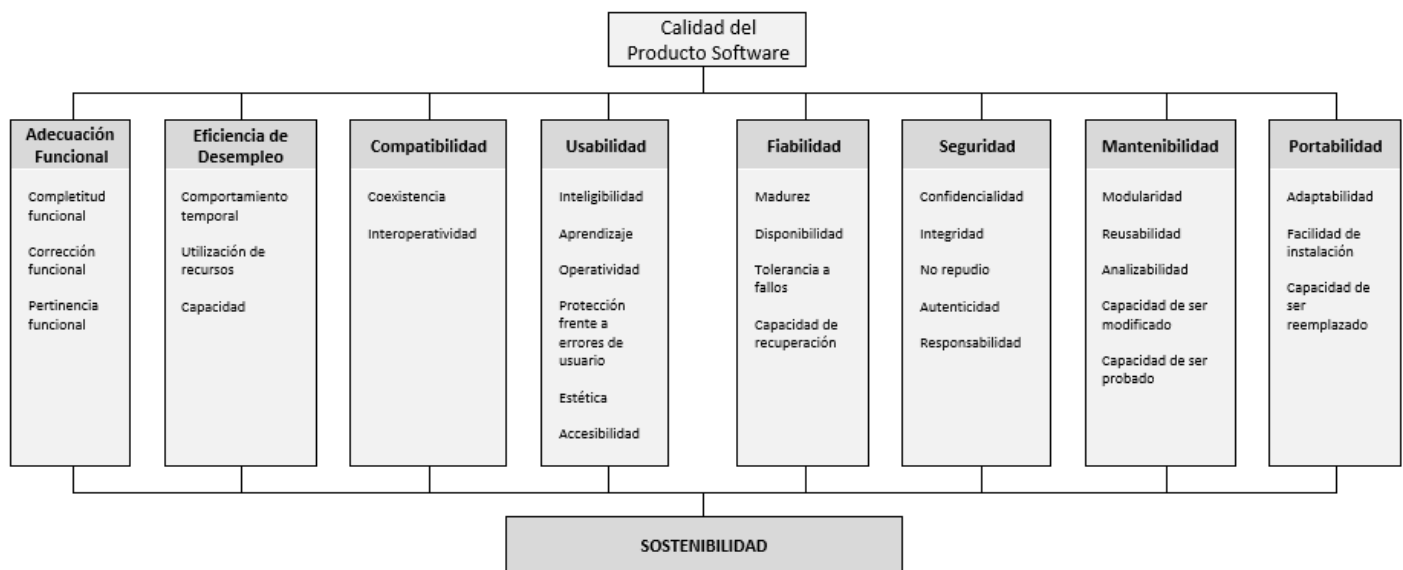


Figura 1. Modelo de Calidad del Producto Software propuesto

Para validar la propuesta se toma como caso de estudio al Sistema de Contrataciones de la Provincia de La Rioja. Al modelo definido junto con las métricas e indicadores se lo instanció teniendo dos periodos de tiempo

en mente. Mediante el modelo se aplican métricas en dos momentos, cuando la gestión era manual y en algunos casos semiautomática y actualmente, cuando se digitalizó tanto la gestión de los proveedores del Estado como la difusión de los pliegos a los posibles oferentes conforme al rubro económico en el cual se encuentra registrado. Por ej., en el año 2019 se aprobaron 255 proveedores mediante una gestión combinada, se preinscribían en el sistema web [compras.larioja.gob.ar](http://compras.larioja.gob.ar) y luego debían acercarse a la Dirección Gral. de Compras para terminar el trámite presentando toda la documentación en papel, legajo físico. En 2021 se aprobaron 491 proveedores a través del sistema web generándose el legajo electrónico con la documentación digital ingresada en dicho proceso, lográndose digitalizar y despapelizar la gestión. A continuación, se presenta un resumen de los valores obtenidos para las métricas e indicadores para este caso de estudio (Figura 2).

## 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.

Característica	Subcaracterística	Métrica	Propósito	Función de medición	Elementos de medida	Ejercicio	Valores	Valor deseado
USABILIDAD	CAPACIDAD PARA SER USADO	Facilidad de uso	Conocer las tareas realizadas sin inconvenientes en un periodo de tiempo razonable	$X = A / T$	A=Número de tareas realizadas sin error T= Tiempo de operación ( $T > 0$ )	2019 2021	$X = 100 / 60$ (minutos) $X = 1,66$ $X = 150 / 60$ $X = 2,5$	El más lejano a 0 / es el mejor.
		Validaciones contra errores de usuario	Conocer si existen alertas que eviten errores de usuario	$X = A / B$	A=Número de alertas ante errores. B=Número total de procesos con error ( $B > 0$ )	2019 2021	$X = 40 / 50$ $X = 0,80$ $X = 60 / 65$ $X = 0,92$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor.
FIABILIDAD	ACCESIBILIDAD	Facilidad de acceso al sistema	Conocer la accesibilidad al sitio de personas con otras capacidades	$X = A / B$	A=Otras capacidades detectadas en los accesos. B=Número de otras capacidades especificadas ( $B > 0$ )	2019 2021	$X = 1 / 3$ $X = 0,33$ $X = 2 / 3$ $X = 0,66$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor.
		Alta disponibilidad	Conocer si el sistema esta operativo siempre que se lo requiera	$X = A / B$	A=Intentos fallidos de acceso / uso. B=Número total de accesos / usos en un periodo ( $B > 0$ )	2019 2021	$X = 20 / 2000$ $X = 0,01$ $X = 20 / 2000$ $X = 0,005$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor.
MANTENIBILIDAD	CAPACIDAD DE SER MODIFICADO	Complejidad de modificación	Conocer con que facilidad el desarrollador puede modificar el software y resolver problemas	$X = A / T$	A=Defectos que requieren modificación. T= Tiempo en que el desarrollador corrige defectos ( $T > 0$ )	2019 2021	$X = 20 / 180$ (minutos) $X = 0,11$ $X = 20 / 150$ (minutos) $X = 0,13$	El más lejano a 0 es el mejor. (varia el tiempo)
		A entornos de software	Conocer si el sistema es capaz de adaptarse al software	$X = A / B$	A=Funciones/procesos que no se completaron durante las pruebas con el software B=Numero total de funciones/procesos que se probaron ( $B > 0$ )	2019 2021	$X = 18 / 28$ $X = 0,642$ $X = 10 / 42$ $X = 0,238$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor.
SEGURIDAD	CONFIDENCIALIDAD	Control de accesos	Conocer si hubo accesos ilegales	$X = A / B$	A=Número de ingresos ilegales detectados B=Número total de accesos ( $B > 0$ )	2019 2021	$X = 6 / 2000$ $X = 0,003$ $X = 3 / 3500$ $X = 0,0008$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor.
		Autenticación de la identidad del usuario	Conocer de qué manera se autentica la identidad del usuario	$X = A$	A=Número de métodos de autenticación	2019 2021	$X = 1$ $X = 1$	$X \geq 0$ $X$ mayor o igual a 2 es el mejor.

Figura 2. Instanciación del Modelo de Calidad del Producto Software propuesto para un caso de estudio

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.

## Referencias

- Becker, C. (2015). "Manifiesto Karlskrona. Sustainability design and software."
- Callejas-Cuervo, M., A. C. Alarcón-Aldana, et al. (2017). "Modelos de calidad del software, un estado del arte." Entramado 13.
- Carrascal Vergara, C. D. (2021). "Método para la evaluación de la Sostenibilidad del Software para el proceso de Compra y Contratación del Sector Público." Universidad de Antioquia.
- CMMAD-ONU (1987). Informe Brundtland: "Nuestro futuro común". , Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- Fernández, N. C. and P. Lago (2018). "Characterizing the contribution of quality requirements to software sustainability." Revista de Sistemas y Software 137.
- ISO/IEC (2014). ISO/IEC 25000. "SQuaRE - System and Software Quality Requirements and Evaluation". <http://iso25000.com>.
- ISO/IEC (2014). ISO/IEC 25010: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>.
- ISO/IEC (2015). ISO/IEC 14001 Environmental management systems - Requirements with guidance for use.
- Naumann, S., M. Dick, et al. (2011). "The GREENSOFT Model: A reference model for green and sustainable software and its engineering." Sustainable Computing: Informatics and Systems. ELSEVIER.
- Oyedeeji, S., A. Seffah, et al. (2018). "A Catalogue Supporting Software Sustainability Design."
- Pressman, R. (2021). Ingeniería del Software: un enfoque práctico.
- Vaca Sierra, T. N. (2017). "Modelo de Calidad de Software aplicado al módulo de Talento Humano del Sistema Informático Integrado Universitario." Universidad Técnica del Norte. Ecuador.