

## Medición de la Calidad de Productos de Software en un Ambiente Académico Usando la Norma ISO/IEC 9126

Erick Enrique Ortega Cabrera, Mónica Villavicencio Cabezas  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
eortega@fiecd.espol.edu.ec, mvillavi@espol.edu.ec

### Resumen

*La calidad es uno de los atributos esperados en productos que adquirimos y el software no debe ser una excepción. A través del presente estudio, estudiantes de los cursos de ingeniería de software de la Escuela Superior Politécnica del Litoral fueron expuestos al uso de la norma ISO/IEC 9126 para evaluar la calidad de sus productos de software. Todos los productos fueron desarrollados por estudiantes para organizaciones ecuatorianas ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Durante dos semestres, un total de 41 estudiantes participaron en el estudio utilizando 5 características de la norma: funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia y mantenibilidad. Entre los hallazgos de este estudio, podemos destacar que la característica “funcionalidad” predominó con respecto al resto. Adicionalmente, el tiempo que tomó desarrollar nuevos productos de software fue mucho menor al tomado en desarrollar nuevas versiones de productos existentes, los cuales debían integrarse al resto de sistemas en operación. Lecciones aprendidas y recomendaciones son expuestas al final de este artículo.*

**Palabras Claves:** ingeniería de software, calidad, ISO/IEC, 9126, educación

### Abstract

*Quality is one of the attributes expected in the products we buy, software should not be an exception. Through this study, students of software engineering courses at the Escuela Superior Politécnica del Litoral were exposed to the use of ISO/IEC 9126 to assess the quality of their software products. All software products were developed for ecuadorian organizations located in Guayaquil. During two semesters, a total of 41 students participated in the study using 5 standard features: functionality, reliability, usability, efficiency and maintainability. It was found that functionality was a predominant feature compared to the others. In addition, the time taken for developing new software products was considerable less than the one taken for developing new versions of existing products that needed to be integrated to the rest of the systems. Lessons learned and recommendations are provided at the end of this article.*

**Keywords:** software engineering, quality, ISO/IEC, 9126, education

## 1. Introducción

El presente estudio se desarrolló con la finalidad de utilizar la norma ISO/IEC 9126 - Calidad de productos de software – en un ambiente académico. De esta forma, los estudiantes de pregrado conocieron sobre el uso de la norma y acerca de la calidad de sus productos desarrollados. [1-3]

Este estudio fue llevado a cabo con estudiantes de los cursos de Ingeniería de Software II de la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y computación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Todos los estudiantes desarrollaron productos de software para organizaciones guayaquileñas como proyectos de curso.

El objetivo final de este estudio fue exponer a los estudiantes al uso de estándares, de tal forma que ellos puedan transferir estos conocimientos y experiencias a las empresas que los emplearán en un futuro. Esta es una forma de conseguir mejoras en los productos desarrollados en el Ecuador en el largo plazo.

Este artículo está dividido en cuatro secciones. La sección 2 explica muy brevemente la norma ISO/IEC 9126, la sección 3 detalla el experimento realizado y la sección 4 resume las lecciones aprendidas.

## 2. ISO/IEC 9126

La norma ISO/IEC 9126 es un estándar internacional para la evaluación de calidad de productos de software. Está dividida en cuatro partes: ISO/IEC 9126-1: Modelo de Calidad, ISO/IEC 9126-2: Métricas Externas, ISO/IEC 9126-3: Métricas Internas e ISO/IEC 9126-4: Calidad en uso.

En el modelo de calidad se definen las características y subcaracterísticas que se usan en las otras tres partes, las cuales se resumen en las Figura 1 y Figura 2. [4-8]

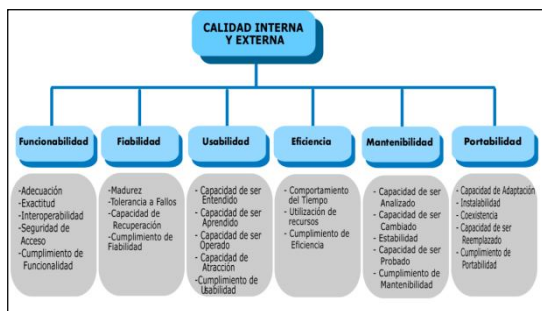


Figura 1. Modelo de calidad externa e interna



Figura 2. Modelo de calidad en uso

## 3. Midiendo la calidad en un ambiente académico.

### 3.1. Contexto

El presente estudio fue realizado con 41 estudiantes de la materia Ingeniería de software II de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y computación de la ESPOL. Con ellos, se desarrollaron 11 productos de software para clientes ubicados en la ciudad de Guayaquil. De los 11 productos, cuatro fueron implementados en el I Término Académico 2009-2010 por 15 estudiantes; y los restantes en el II Término académico del mismo año.

Cada producto fue desarrollado por grupos conformados por 3 estudiantes como mínimo y 4 como máximo.

Los productos desarrollados pueden resumirse de la siguiente manera:

- Seis se orientaron a controlar la producción en un grupo de empresas del sector de la construcción.
- Uno para la promoción, venta y control de paquetes turísticos y boletos de aviación.
- Uno para el sector automotriz, específicamente para el control de repuestos de vehículos de todo tipo.
- Uno para promoción, venta y control de servicios de hosting.
- Uno para la administración de una escuela de aviación.
- Uno para la administración de una empresa dedicada a la venta y reparación de motores de barcos.

Los productos desarrollados durante el I término académico se han identificado con las iniciales SW1, mientras que los del II término con SW2.

**Tabla 1.** Descripción de productos de software evaluados.

ABREVIACION	DESCRIPCION
SW1.1	Es un sistema desarrollado para la administración de un local de venta de repuestos de vehículos pequeños. 4 integrantes
SW1.2	Es un sistema desarrollado para la administración de un negocio de hosting. Los clientes o potenciales clientes, pueden a través del sitio web buscar si un dominio está disponible y poderlo reservar en línea. 4 integrantes
SW1.3	Es un sistema desarrollado para la administración una empresa dedicada al Turismo, en el cual se pueden consultar, reservar y armar paquetes turísticos, así como reservar boletos aéreos en línea. 3 integrantes
SW1.4	Este proyecto incluye la administración de información publicitaria de una empresa de construcción, montaje metalmecánico, eléctrico y civil, así como el manejo de la interacción con el cliente para mostrar el avance de los proyectos en ejecución, los montos cancelados o adeudados, planos disponibles, reporte de avances de obras, etc. 4 integrantes
SW2.1	Es un sistema desarrollado para la administración de una empresa de taller de motores de, barcos, yates, embarcaciones en general, en el que se puede administrar información de clientes naturales y jurídicos, empleados, registro de herramientas, registro de artículos, órdenes de taller, cotización, requisición de repuestos, facturación, préstamos de herramientas. 4 integrantes
SW2.2	Es un sistema desarrollado para la administración de una escuela de aviación, en el cual se llevará un registro de las materias, alumnos, empleados, bitácoras de vuelo, entre otra información. 4 integrantes

SW2.3	Este proyecto desarrollado en ambiente web incluye varios módulos referentes a la calidad de la producción: Equipos y Calibración, Plan de Calidad, Productos No Conforme, Reportes e Indicadores. 4 integrantes
SW2.4	Este proyecto incluye varios módulos referentes a las Órdenes de Trabajo, Costes incurridos en el proceso de la Orden de Trabajo (OT), estado financiero de proyectos de construcción. 4 integrantes
SW2.5	Este proyecto incluye la administración de órdenes de trabajo de producción, aprobación de las órdenes de trabajo de producción (OTP), Planificación semanal de Obras, tabla de procesos, reportes varios de producción de componentes metálicos para la construcción. 3 integrantes
SW2.6	Este proyecto incluye la administración de gastos, valores de alimentación, movilización, equipos de protección personal (EPP) de un sistema de seguridad industrial para el sector de la construcción. 4 integrantes
SW2.7	Este proyecto considera el desarrollo de un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2008, incluyendo el manejo de las no conformidades y el proceso de auditorías internas. 3 integrantes

### 3.2. Instrumentos utilizados y resultados

En este estudio, la calidad de productos de software fue evaluada a través de las siguientes características: Eficiencia, Facilidad de mantenimiento, Usabilidad, Fiabilidad, Funcionalidad que describen la Calidad Interna y Externa según la ISO-IEC 9126-2 e ISO-IEC 9126-3 respectivamente. Adicionalmente, se evaluaron otras características de calidad en el uso descritas en la ISO-IEC 9126-4, como son: la satisfacción y la eficiencia. Estas características fueron seleccionadas de acuerdo a la calidad que se deseaba alcanzar en los productos de software; para este fin se empleó una matriz en donde se registraba la importancia de cada una [9-10]. Los administradores de calidad de cada proyecto tenían a su cargo la tarea de colocar porcentajes en la matriz de acuerdo al nivel de importancia de las características y subcaracterísticas. La suma de los porcentajes debía ser 100%.

Los promedios de la calidad deseada basados en las características y subcaracterísticas se detallan en las tablas 2 y 3.

**Tabla 2.** Calidad externa e interna.

ESTANDAR	CARACTERISTICA	SUB - CARACTERISTICA	PROMEDIO SW1	PROMED. SW2
ISO/IEC 9126-2 E ISO/IEC 9126-3 (METRICAS INTERNAS Y METRICAS EXTERNAS)	FUNCIONALIDAD	Adecuación	8,27%	9,02%
		Exactitud	7,09%	8,22%
		Interoperabilidad	5,91%	5,31%
		Seguridad de Acceso	5,91%	7,43%
		Cumplimiento de funcionalidad	4,33%	7,16%
	FIABILIDAD	Madurez	4,68%	3,07%
		Tolerancia a Fallos	4,68%	3,93%
		Capacidad de recuperación	4,89%	3,55%
		Cumplimiento de fiabilidad	2,76%	2,88%
	USABILIDAD	Capacidad de ser entendido	3,77%	3,20%
		Capacidad de ser aprendido	4,22%	3,30%
		Capacidad de ser operado	3,77%	3,30%
		Capacidad de atracción	3,46%	1,90%
		Cumplimiento de Usabilidad	2,53%	2,30%
	EFICIENCIA	Comportamiento del tiempo	5,91%	5,78%
		Utilización de recursos	5,32%	3,89%
		Cumplimiento de eficiencia	4,53%	5,04%
	MANTENIBILIDAD	Capacidad de ser analizado	2,31%	2,66%
		Capacidad de ser cambiado	2,31%	2,76%
		Estabilidad	2,31%	3,21%
		Capacidad de ser probado	1,54%	2,02%
		Cumplimiento de mantenibilidad	1,79%	2,20%
	PORTABILIDAD	Capacidad de adaptación	1,65%	2,24%

	Capacidad de instalación	1,94%	1,74%
	Coexistencia	1,55%	1,23%
	Capacidad de ser reemplazado	1,36%	1,35%
	Cumplimiento de portabilidad	1,26%	1,29%

**Tabla 3.** Calidad en uso deseada.

ESTANDAR	CARACTERISTICA	PROMEDIO SW1	PROMEDIO SW2
ISO/IEC 9126-4 CALIDAD EN USO	EFICIENCIA	34%	29%
	PRODUCTIVIDAD	23%	24%
	SATISFACCION	24%	24%
	SEGURIDAD	20%	24%

De dichas tablas, se puede observar que las características de funcionalidad y eficiencia alcanzaron mayores porcentajes. Cabe mencionar que los porcentajes asignados a las características y subcaracterísticas, fueron asignados de acuerdo a las exigencias de los clientes y de sus expectativas con relación a los productos que iban a recibir de los estudiantes.

Para evaluar las métricas seleccionadas de las diferentes características de calidad, usuarios externos al grupo de desarrollo realizaron las siguientes actividades:

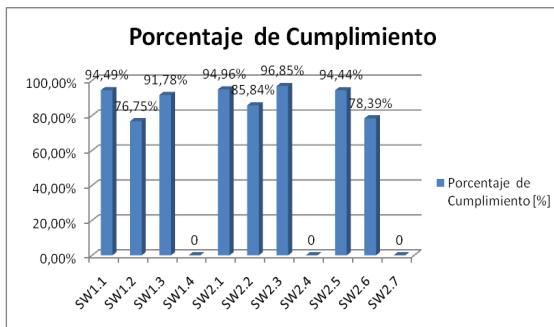
- Revisión de funcionalidad de los productos de software en base a sus requisitos.
- Pruebas con los usuarios.
- Revisión de las mediciones realizadas durante el desarrollo de los productos.
- Aplicación del System Usability Scale (SUS).

**3.2.1 Revisión de funcionalidad de los productos de software en base a sus requisitos.** Para esta revisión fue necesario realizar una lectura exhaustiva de los documentos de especificaciones del sistema, en el cual se detallaban todos los requerimientos funcionales y no funcionales. En cuanto a la parte de la funcionalidad, vemos reflejado en la Tabla 4 que el mejor cumplimiento en porcentaje fue obtenido por SW1.1 con un 94.48%, seguido de SW1.3 con un 91.78%, luego SW1.2 con un 76.75%. Para el proyecto SW1.4 no fue posible cuantificar la funcionalidad ya que los integrantes de dicho grupo no pudieron poner en producción el sistema debido a limitantes tecnológicas del cliente.

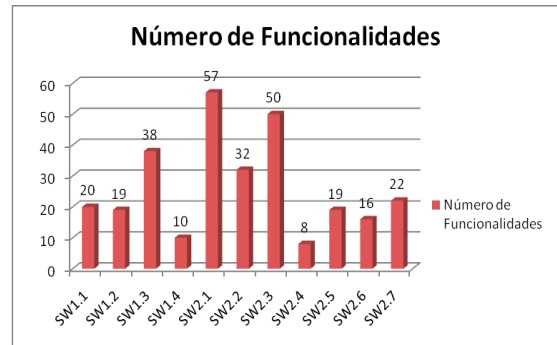
**Tabla 4.** Tabla de Cumplimiento de Funcionalidades.

PRODUCTO	Porcentaje de Cumplimiento [%]	Funciones Descrias (A [unid.])	No. Funcionalidades Implementadas (B [unid.])	RRHH [unid.]
SW1.1	94,49%	20	18	4
SW1.2	76,75%	19	14	3
SW1.3	91,78%	38	35	4
SW1.4	-	10	-	4
SW2.1	94,96%	57	54	4
SW2.2	85,84%	32	27	4
SW2.3	96,85%	50	48	4
SW2.4	-	8	-	4
SW2.5	94,44%	19	18	4
SW2.6	78,39%	16	12	4
SW2.7	-	22	-	3

En la Figura 3 se muestra el cumplimiento de funcionalidades y en la Figura 4 la cantidad de funcionalidades requeridas. Podemos observar que SW1.1 tuvo 20 funcionalidades, mientras que SW1.3 tuvo 38 funcionalidades; sin embargo el porcentaje de cumplimiento de ellas hasta su última revisión fue similar con 94,49% y 91,78% respectivamente; lo que nos indica que SW1.3 tuvo un mejor desempeño. En cuanto a SW1.2 podemos indicar que algunos miembros del grupo de desarrollo abandonaron el proyecto; sin embargo el sistema fue puesto en producción.



**Figura 3.** Porcentaje de cumplimiento de funcionalidades



**Figura 4.** Número de funcionalidades requeridas.

**3.2.2 Pruebas con los usuarios.** Esta actividad se realizó en ambientes controlados y con usuarios reales. Un ambiente controlado quiere decir que el lugar físico tenía las condiciones de trabajo necesarias sin intervención de agentes externos (ruido, luz, etc.) que alteren dichas pruebas. Para las pruebas se midió lo siguiente: Tiempo de tarea, tiempo de respuesta del sistema, tiempo de espera, tareas completadas, frecuencia de error y rendimiento.

**3.2.3 Revisión de las mediciones realizadas durante el desarrollo de los productos.** El registro de mediciones durante el desarrollo de los productos fue realizado por los integrantes de cada grupo de trabajo. Entre las principales métricas tenemos: Tiempo de desarrollo, tiempo de corrección, tiempo total y reproceso. Los resultados se resumen en la Tabla 4. Periódicamente, los representantes de cada grupo enviaban por correo electrónico las mediciones a la persona externa quien emitía observaciones y sugerencias. En dicha tabla se puede apreciar que a diferencia del grupo 1(SW1.x), los proyectos del grupo 2(SW2.x) reportaron tiempos mucho mayores, lo cual puede deberse a varios factores, como por ejemplo:

- Menor funcionalidad requerida.
- El Grupo 1 implementó un producto de software que no requería integrarse con otros sistemas, mientras que la mayoría del grupo 2 tuvieron que integrar sus productos con los ya existentes en las empresas. Nota: SW2.2 no se integraba con ningún sistema preexistente y por eso presenta tiempos cortos.
- El Grupo 1 pudo escoger tecnologías ya conocidas por los desarrolladores, mientras que el grupo 2 mayoritariamente trabajó con tecnologías poco familiares para ellos.
- En general, el grupo 2 obtuvo mayor satisfacción de usuario con respecto al grupo 1. La satisfacción fue evaluada mediante SUS, el mismo que se explicará posteriormente.

**Tabla 3.** Métricas de Desarrollo y Corrección

MODULO	TIEMPO DE DESARROLLO (MIN.)	TIEMPO DE CORRECCION (MIN.) [a]	TOTAL (MIN.) [b]	REPRO - CESO (%) [a/b]
SW1.1	3236,52	849,9	4086,42	20,80%
SW1.2	3300	1680	4980	33,73%
SW1.3	3693	2739	6432	42,58%
SW1.4	-	-	-	-
SW2.1	13965	-	13965	-
SW2.2	2475	812	3287	24,70%
SW2.3	13951	2995	16946	17,67%
SW2.4	-	-	-	-
SW2.5	-	-	-	-
SW2.6	19980	4580	24560	18,65%
SW2.7	*	*	*	*

Nota: existen símbolos como ‘-‘ debido a que las mediciones realizadas estaban incompletas; y símbolos como ‘\*’ para denotar mediciones incoherentes. Estas últimas decidimos excluirlas para no afectar el análisis.

**3.2.4 Aplicación del System Usability Scale (SUS).** Para medir la satisfacción del usuario se utilizó el SUS, el cual consiste en un cuestionario de 10 preguntas relacionadas a la percepción del usuario sobre la usabilidad del producto de software implementado. Cada pregunta puede ser respondida mediante una escala del 1 a 5, desde “total desacuerdo” a “total acuerdo”. [11]

**Tabla 5.** Resultados del SUS

Producto	Resultados SUS	Funciones evidentes al usuario	Funciones implementadas	% Funciones evidentes
SW1.1	75	15	20	75%
SW1.2	52,5	8	19	42%
SW1.3	75	20	38	53%
SW1.4	-	-	10	-
SW2.1	85	16	57	28%
SW2.2	82,5	15	32	47%
SW2.3	72,5	8	50	16%
SW2.4	-	-	8	-
SW2.5	62,5	9	19	47%
SW2.6	-	-	16	-
SW2.7	-	-	22	-

En la tabla 5 se resumen los resultados del SUS para cada producto de software. En dicha tabla se puede observar que SW2.2 alcanzó el valor más alto con un 82,5%, mientras que el valor más bajo lo obtuvo SW1.2 con un 52,5%. Los guiones “-” representan la ausencia de datos, como fue explicado anteriormente. Esto se debió principalmente a que dichos sistemas no lograron ponerse en producción. Una de las causas atribuibles a este problema fue la falta de recursos tecnológicos ofrecidos por las empresas clientes.

#### 4. Lecciones Aprendidas

Basados en las experiencias de este estudio con estudiantes de pregrado, podemos resumir las siguientes lecciones aprendidas:

- Toda evaluación de calidad debe utilizar algún modelo de referencia, pudiendo ser éste una norma o un modelo propio de la organización. Esto facilita el proceso de evaluación de los productos que se desean evaluar.
- Es importante, mantener motivados a los integrantes del equipo de trabajo para así asegurar que los datos tomados del estudio sean correctos y confiables.
- Se debe definir los objetivos de calidad deseables para el producto de software, ya que sin objetivos claros no se puede alcanzar la calidad deseada.
- La norma contiene una lista larga de características y subcaracterísticas; sin embargo, sugerimos modificar el modelo para adaptarlo a las necesidades de cada empresa o grupo desarrollador. Es decir, tomar o adaptar las que sean útiles para los objetivos de calidad que se desean alcanzar.
- La norma ISO/IEC 9126 no describe de manera específica la forma de evaluar la calidad, por lo cual es necesario definir una metodología de trabajo.
- El trabajo realizado en el ámbito académico puede ser llevado al ambiente empresarial; para lo cual, las empresas de software deberían definir las principales características y subcaracterísticas que desean evaluar en los productos que desarrollan. Esto permitiría alcanzar los objetivos de calidad deseados y optimizar los recursos existentes, sean estos económicos, recursos humanos y tiempo. Se recomendaría que las medidas tengan escalas como: el mejor posible, peor posible y el resultado deseable, o sino también el mínimo aceptable.

## Referencias

- [1] ISO, Calidad – Definiciones formales, 14/12/2009, <http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad>
- [2] Alan Gillies, Software Quality: Theory and Management, International Thompson Computer Press, 2003.
- [3] AESOFT, Publicación de AESOFT “Catálogo de Soluciones Software del Ecuador 09”, 03/12/2009, <http://www.aesoft.com.ec>
- [4] ISO/IEC, ISO/IEC 9126-1:2001, Software engineering -- Product quality -- Part 1: Quality model,04/05/2009,[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=22749](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22749)
- [5] ISO/IEC, ISO/IEC 9126-2:2003, Software engineering -- Product quality -- Part 2: External Metrics,04/05/2009, [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=22749](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22749)
- [6] ISO/IEC, ISO/IEC 9126-3:2003, Software engineering -- Product quality -- Part 2: Internal Metrics,04/05/2009, [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=22749](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22749)
- [7] ISO/IEC, ISO/IEC 9126-4:2004, Software engineering -- Product quality -- Part 2: Quality in use,04/05/2009, [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=22749](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22749)
- [8] ISO/IEC, ISO/IEC 14598-1: Tecnología de Información,02/02/2010,[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=24902](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=24902)
- [9] Gonzalo Mena Mendoza, ISO 9126-3: Métricas Internas de la Calidad del Producto de Software, 03/03/2009,[http://www.mena.com.mx/gonzalo/maestria/calidad/presenta/iso\\_9126-3/](http://www.mena.com.mx/gonzalo/maestria/calidad/presenta/iso_9126-3/)
- [10] Karen Franker / University of Wisconsin-Stout / Wisconsin's Polytechnic University, Elementary Teamwork Rubric, 10/02/2010, <http://www.uwstout.edu/static/profdev/rubrics/elementaryteamworkrubric.html>
- [11] Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. Usability Evaluation in Industry. UK: Taylor and Francis, [http://www.usability.serco.com/trump/documents/Sus\\_chapt.doc](http://www.usability.serco.com/trump/documents/Sus_chapt.doc), 1996