



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

**Diseño de una matriz de evaluación de la calidad de un
software de gestión académica universitaria, aplicado a
un proceso de licitación pública internacional**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

AUTOR

José Rony HERRERA ROMERO

ASESOR

Víctor Hugo BUSTAMANTE OLIVERA

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Herrera, J. (2023). *Diseño de una matriz de evaluación de la calidad de un software de gestión académica universitaria, aplicado a un proceso de licitación pública internacional*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios autor/ asesor

Datos de autor	
Nombres y apellidos	José Rony Herrera Romero
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42508984
URL de ORCID	
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Víctor Hugo Bustamante Olivera
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25655590
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8805-9629
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Cayo Víctor León Fernández
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07001405
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Joel Fernando Machado Vicente
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40476778
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica

Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Jr. Carlos Amezaga No. 375 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Latitud: -12.0564232 Longitud: -77.0843327
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 - 2022
URL de disciplinas OCDE	2.02.04 -- Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

Acta Virtual de Sustentación de Tesis

Siendo las 19:00 horas del día 19 de diciembre del año 2023, se reunieron virtualmente los docentes designados como miembros de Jurado de Tesis, presidido por el Dr. Cayo Víctor León Fernández, Mg. Joel Fernando Machado Vicente (Miembro) y el Lic. Víctor Hugo Bustamante Olivera (Miembro Asesor), usando la plataforma Meet (<https://meet.google.com/aju-zhou-bcx>), para la sustentación Virtual de la tesis Intitulada:

“DISEÑO DE UNA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE UN SOFTWARE DE GESTIÓN ACADÉMICA UNIVERSITARIA, APLICADO A UN PROCESO DE LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL”, del Bachiller: **José Rony HERRERA ROMERO**; para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas.

Acto seguido de la exposición de la Tesis, el presidente invitó al Bachiller a responder las preguntas formuladas por los Miembros del Jurado.

El Bachiller, en el curso de sus intervenciones demostró pleno dominio del tema, al responder con acierto y fluidez las preguntas formuladas por los señores miembros del Jurado.

Finalmente habiéndose efectuado la calificación correspondiente por los miembros del Jurado, el bachiller obtuvo la nota de 18 **(DIECIOCHO)**

A continuación, el presidente del Jurado Dr. Cayo Víctor León Fernández, declara al Bachiller **Ingeniero de Sistemas**.

Siendo 20:00 horas, se levantó la sesión.

Dr. Cayo Víctor León Fernández
Presidente

Mg. Joel Fernando Machado Vicente
Miembro

Lic. Víctor Hugo Bustamante Olivera
Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



Yo **VICTOR HUGO BUSTAMANTE OLIVERA** en mi condición de **asesor** acreditado con la Resolución Directoral N° 000011-2022-EPISI-FISI/UNMSM de la **tesis/monografía/informe** de investigación/trabajo académico, cuyo título es **DISEÑO DE UNA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE UN SOFTWARE DE GESTIÓN ACADÉMICA UNIVERSITARIA, APLICADO A UN PROCESO DE LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL**, presentado por el bachiller **JOSÉ RONY HERRERA ROMERO** para optar el título de **INGENIERO DE SISTEMAS**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de **8%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título correspondiente.

Firma del Asesor: _____

Nombres y apellidos del asesor:
Víctor Hugo Bustamante Olivera



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres que hicieron todo lo posible por cuidarme y brindarme una educación superior; a mis hermanos Jorge, Brescia y Valeria quienes me alentaron a no rendirme en los tiempos difíciles.

Para mi familia, Cintya en equipo construimos el futuro de nuestros hijos Liam Sebastián y Gianluca Josué, los pequeños motores que nos traen alegría y motivación todos los días.

Gracias a la Universidad Nacional de San Marcos y al personal de la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, me he sentido como en casa desde el primer día.

Finalmente, agradecer a mi asesor por su buena actitud y orientación al sentar las bases de este estudio.

DEDICATORIA:

A la familia: una palabra que define de dónde venimos, qué estamos forjando y qué anhelamos ver.

DISEÑO DE UNA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE UN SOFTWARE DE GESTIÓN ACADÉMICA UNIVERSITARIA, APLICADO A UN PROCESO DE LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL

RESUMEN

La calidad de los productos de software adquiridos mediante un proceso competitivo del Banco Nacional Interamericano de Desarrollo (BID) es un factor importante en el éxito de los proyectos de inversión pública, más aún si se trata de un software académico para universidades, su adecuada adquisición garantiza el cierre de la brecha tecnológica en el sistema universitario. En esa línea, la falta de calidad en un software académico tiene un impacto directo en los servicios que las universidades públicas tienen para ofrecer a la comunidad académica.

Este estudio propone una matriz para evaluar la calidad de dos o más productos de software académico, aplicando la norma ISO/IEC 25000 en un proceso de adquisición de software como complemento a las políticas de BID. Como parte de la propuesta de evaluación, se presenta, describe, utilizan guías y recomendaciones para evaluar la calidad interna, la calidad externa y la calidad en uso.

Finalmente, se realiza la medición, evaluación y análisis de dos productos de software académicos presentados en un proceso del BID aplicando el modelo propuesto se obtiene la puntuación técnica de cada uno de ellos.

Palabras clave: Matriz de evaluación de la calidad, Normas ISO/IEC 25000, Sistema Universitario.

DESIGN OF A QUALITY EVALUATION MATRIX OF A UNIVERSITY ACADEMIC MANAGEMENT SOFTWARE, APPLIED TO AN INTERNATIONAL PUBLIC BIDDING PROCESS

ABSTRACT

The quality of software products acquired through a competitive process by the Inter-American Development Bank (IDB) is a crucial factor in the success of public investment projects, particularly when dealing with academic software for universities. Proper acquisition ensures bridging the technological gap within the university system. In this context, the lack of quality in academic software directly impacts the services that public universities can offer to the academic community.

This study proposes a matrix for assessing the quality of two or more academic software products, applying the ISO/IEC 25000 standard in a software acquisition process as a complement to IDB policies. As part of the evaluation proposal, guidelines and recommendations are presented, describing the assessment of internal quality, external quality, and quality in use.

Finally, the measurement, evaluation, and analysis of two academic software products presented in an IDB process are conducted using the proposed model, resulting in the technical score for each of them.

Keywords: Quality evaluation matrix, ISO/IEC 25000 Standards, University System.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	11
INTRODUCCIÓN	13
1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	14
1.1. Antecedentes del Problema.....	14
1.2. Definición del problema.....	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo principal.....	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación.....	16
1.5. Propuesta metodológica	17
1.6. Organización de la tesis	18
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	19
2.1. Definiciones generales.....	19
2.1.1. ¿Qué es un Software?	19
2.1.2. La calidad del software	20
2.1.3. Métrica	21
2.2. Estado de los sistemas académicos en las universidades públicas en el Perú	23
2.3. Proceso de adquisición de software a medida en el Estado Peruano con las normas del Banco Interamericano de Desarrollo	26
2.4. Modelos de evaluación de calidad de producto	35
3. CAPÍTULO III. ESTADO DEL ARTE.....	62
3.1. Investigaciones Nacionales	62
3.1.1. “Aplicación de métricas de calidad en uso utilizando la ISO 9126 para determinar el grado de satisfacción del Sistema Único de Matrícula” (Dominguez, 2016).....	62
3.1.2. “Definición y evaluación de un modelo de calidad en uso para la agenda de la intranet de la Universidad Lim-Rho basado en la familia de normas ISO/IEC 25000” (Galán Valdez, 2022).....	65
3.1.3. “Aplicación del Estándar ISO/IEC 25000 para la Estimación de la Calidad en Uso del Sistema Académico Galileo Asistente de la Universidad Nacional del Centro del Perú” (Mamani López, 2019).....	67
3.2. Investigaciones Internacionales.....	71
3.2.1. “Análisis de Desempeño entre MONGODB y COUCHDB utilizando la norma ISO/IEC 25000” (Narváez, 2020).....	71

4. CAPÍTULO IV. APOORTE TEÓRICO	74
4.1. Selección y justificación de la tecnología	75
4.2. Metodología a seguir	78
4.2.1. Modelos de proceso de evaluación	78
4.2.1.1. Modelo de la Norma ISO/IEC 9126	78
4.2.1.2. Modelo de la Norma ISO/IEC 14598	81
4.2.2. Criterios para medir y evaluar la calidad	83
4.2.3. Método de evaluación	87
4.2.3.1. Fase 1: Requisitos de la evaluación	88
4.2.3.1.1. Propósito de la evaluación	88
4.2.3.1.2. Requisitos de calidad de producto	88
4.2.3.1.3. Partes del producto a evaluar	90
4.2.3.1.4. Rigor de la evaluación	92
4.2.3.2. Fase 2: Especificar la evaluación	93
4.2.3.2.1. Módulos de evaluación	93
4.2.3.2.2. Criterios de decisión para las métricas	95
4.2.3.2.2.1. Forma de evaluación de la calidad interna	95
4.2.3.2.2.2. Forma de evaluación de la calidad externa	98
4.2.3.2.2.3. Forma de evaluación de la calidad en uso	98
4.2.3.2.3. Criterios de decisión de la evaluación	100
4.2.3.2.3.1. Construcción de la matriz de evaluación	100
4.2.3.3. Fase 3: Diseño de la evaluación	104
5. CAPÍTULO V. APOORTE PRÁCTICO	108
5.1. Evaluación de la calidad externa	108
5.1.1. Estrategia y ejecución de la calidad externa	108
5.1.2. Resultados de la calidad externa	108
5.2. Evaluación de la calidad interna	109
5.2.1. Estrategia y ejecución de la calidad interna	109
5.2.2. Resultados de medición de la calidad interna	111
5.3. Evaluación de la calidad en uso	111
5.3.1. Estructura de evaluación de calidad en uso	111
5.3.1.1. Evaluación de la Calidad en Uso	111
5.3.1.2. Resultados de la evaluación de la Calidad en Uso	114

5.4.	Evaluación global de la calidad	115
5.4.1.	Presentación de resultados finales	115
5.5.	Análisis de resultados	116
6.	CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
6.1.	Conclusiones	121
6.2.	Recomendaciones	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Modelo actual de datos entre universidades y Ministerio de Educación (Fuente: Minedu)	26
Ilustración 2: Características de la calidad interna y externa [Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.)]	38
Ilustración 3: “Marco conceptual para el modelo de calidad” [Fuente: (González, 2002)]	39
Ilustración 4: “Relación ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598” [Fuente: (Tello, 2016, pág. 21)]	40
Ilustración 5: Niveles de madurez del Modelo CMMI [Fuente: CMMI Institute]	43
Ilustración 6: Factores de calidad del Modelo McCall [Fuente: (Pressman, 2010)]	45
Ilustración 7: Organización de la norma ISO/IEC 15504 – SPICE [Fuente: (Francisco José Pino Correa, 2014, pág. 13)]	46
Ilustración 8: Modelo de referencia general SQuaRE [Fuente (ISO25000, 2014)]	48
Ilustración 9: Familia de la norma ISO/IEC 25000 [Fuente: (ISO25000, 2014)]	53
Ilustración 10: “Concepto de requisito de calidad y evaluación de calidad” [Fuente: (Esaki, 2023)]	54
Ilustración 11: “Esquema general de un modelo de calidad del producto” [Fuente: ISO/IEC 25000 (2005)]	55
Ilustración 12: “Modelo del ciclo de vida de calidad del producto software” [Fuente: ISO/IEC 25000 (2005)]	56
Ilustración 13: “Modelo de calidad de producto según ISO/IEC 25010 “[Fuente: (ISO-25010, s.f.)]	58
Ilustración 14: “Modelo de Calidad en Uso del producto de software” [Fuente: (ISO-25010, s.f.)]	59
Ilustración 15: “Grado en Calidad de Uso para el Sistema Único de Matricula” [Fuente: (Dominguez, 2016)]	62
Ilustración 16: Trazabilidad entre Tareas y Perfiles [Fuente: Domínguez, 2016]	63
Ilustración 17: Selección de características y subcaracterísticas [Fuente: Galán Valdez, 2022]	65
Ilustración 18: Tareas a evaluar en la investigación de la referencia [Fuente: Mamani López, 2019]	69
Ilustración 19: Calidad en uso del Sistema Académico Galileo Asistente [Fuente: Mamani, 2019]	70
Ilustración 20: MongoDB vs CouchDB. Fuente [Narváez, 2020]	71
Ilustración 21: MATRIZ DE CALIDAD NORMA ISO/IEC 25000 [Fuente: Narváez, 2020]	73
Ilustración 22: Tiempo de respuesta entre MongoDB y CouchDB. Fuente: [Narváez, 2020]	73
Ilustración 23: “Modelo de proceso de evaluación” [Fuente: ISO/IEC 9126 pp. 6-8]	79
Ilustración 24: Proceso de evaluación del estándar [Fuente: ISO/IEC 14598]	82
Ilustración 25: Evaluación de procesos según ISO/IEC 25040:2011 [Fuente: Elaboración propia]	83
Ilustración 26: Vista general del proceso académico del Sistema de Gestión Académica [Fuente: MINEDU]	91
Ilustración 27: Gestionar la configuración de la gestión académica del Sistema de Gestión Académica [Fuente: MINEDU]	91
Ilustración 28: Panel de evaluación del SonarQube de la Empresa A [Fuente: SonarQube]	110
Ilustración 29: Panel de evaluación del SonarQube de la Empresa B [Fuente: SonarQube]	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de universidades públicas que cuentan con alguno de los sistemas: admisión, matrícula o egresado, 2019 (Fuente: DIGESU).....	24
Tabla 2: Número de universidades públicas que tienen integrado sus sistemas y cuenta con validación a RENIEC, 2019 (Fuente: Elaboración propia).....	25
Tabla 3: Fórmula de puntuación evaluada (Fuente: Documento estándar de licitación de Sistemas Informáticos, BID, 2020)	28
Tabla 4: Ejemplo de ponderación de las características técnicas propuestas al 30% (Fuente: (GOB.EC, 2022, pág. 52))	30
Tabla 5: Ejemplo del detalle de características técnicas a evaluar con una ponderación técnica al 30% (Fuente: (GOB.EC, 2022, pág. 55))	32
Tabla 6: Fórmula de puntuación técnica por categoría (Fuente: Documento estándar de licitación de Sistemas Informáticos, BID, 2020)	33
Tabla 7: Fórmula de puntuación técnica de la oferta (Fuente: Documento estándar de licitación de Sistemas Informáticos, BID, 2020)	34
Tabla 8: “Métricas de Calidad en uso según ISO/IEC 25022” (Fuente: (Mogrovejo, 2014, págs. 22,23,24))	51
Tabla 9: Correlación entre las normas ISO/IEC: 9126, 14598 y 25000	61
Tabla 10:” Características de calidad cubiertas por los modelos y estándares de calidad a nivel de producto. Fuente: (González Reyes, Andre Ampuero, & Hernández González, 2015, pág. 46)	76
Tabla 11: Definición de requerimientos de calidad (Fuente: ISO/IEC 9126)	79
Tabla 12: Preparación de la evaluación (Fuente: ISO/IEC 9126).....	80
Tabla 13: Procedimiento de evaluación (Fuente: ISO/IEC 9126)	81
Tabla 14: Proceso de evaluación, paso 1: Establecer los requerimientos de la evaluación (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))	84
Tabla 15: “Proceso de evaluación, paso 2: Especificar la evaluación” (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))	85
Tabla 16: “Proceso de evaluación, paso 3: Diseñar la evaluación” (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))	85
Tabla 17: Proceso de evaluación, paso 4: Ejecutar la evaluación (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))	86
Tabla 18: Proceso de evaluación, paso 5: Conclusión de la evaluación (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))	86
Tabla 19: Funcionalidades indispensables a evaluar (Elaboración propia)	92
Tabla 20: Subcaracterísticas y método de evaluación (Fuente: Elaboración propia)	93
Tabla 21: Características para evaluar la Calidad Interna (Fuente: Elaboración propia).....	97
Tabla 22: Característica para evaluar la Calidad Externa (Fuente: Elaboración propia).....	98
Tabla 23: Fórmula para la evaluación de la calidad externa (Fuente: Elaboración propia).....	98
Tabla 24: “Características y subcaracterísticas a evaluar en la Calidad en Uso” (Fuente: Elaboración propia)	100
Tabla 25: Matriz de la Calidad propuesta (Fuente: Elaboración propia)	104
Tabla 26: Muestra de usuarios propuestos para la evaluación de la Calidad en Uso	105
Tabla 27: Aspectos a evaluar en la Calidad en Uso (Fuente: Elaboración propia).....	106

Tabla 28: Resultados de la evaluación de la calidad externa (Fuente: Elaboración propia)	109
Tabla 29: Evaluación de la Calidad Interna (Fuente: Elaboración propia)	111
Tabla 30: Evaluación de la Calidad en Uso EMPRESA A (Fuente: Elaboración propia)	113
Tabla 31: Evaluación de la Calidad en Uso EMPRESA B (Fuente: Elaboración propia)	114
Tabla 32: “Puntajes obtenidos luego de evaluar la calidad del producto de Software” (Fuente: Elaboración propia).....	116

INTRODUCCIÓN

El software en general y, más específicamente, un software para la gestión académica de una entidad universitaria pública o privada, debe satisfacer los requerimientos de calidad del cliente, en este caso, de los usuarios de un ecosistema académico de educación superior. En la misma línea, el software de gestión académica es un recurso indispensable para lograr cumplir con los factores básicos de calidad que toda institución universitaria debe poseer, esta se refleja en los servicios que ofrece y en la trazabilidad de la información académica.

En ese sentido, la ausencia de calidad en este recurso informático afecta directa o indirectamente el servicio que las instituciones deben brindar a: estudiantes, docentes, personal administrativo, instituciones gubernamentales, etc. Aunque existen modelos de calidad para la evaluación del software en general, el presente trabajo se focaliza en elaborar un modelo de calidad para evaluar y avalar la adquisición de un sistema integrado de gestión académica para universidades (SIGAU) (PMESUT, 2019) que cumpla con los requerimientos detallados en los términos de referencia para su adquisición.

Para la elaboración del presente trabajo se han tomado como base algunos trabajos de investigación relacionados con la construcción de modelos de calidad de software aplicando modelos de evaluación o estándares como la norma ISO/IEC 25000n, la norma ISO/IEC 9126, la ISO/IEC 14598 y estudios relacionados con la forma en la que se deben obtener las métricas para evaluar las características de calidad del producto de software.

La tesis finaliza determinando las características de calidad que se van a evaluar y a su vez la forma de determinar las métricas que van a establecer el nivel de cumplimiento de dichas características con el fin de determinar la calidad de los productos software que se presenten a través de un puntaje el cual será utilizado para su respectiva calificación.

1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Antecedentes del Problema

En el Perú el desarrollo de software formal es realizado por personas jurídicas que en su mayoría son micro y pequeñas empresas (63% y 27% de 400 empresas, respectivamente) (Gutiérrez Vizcarra, 2017), y de este grupo gran parte no cuenta con certificación de calidad en el desarrollo, estos indicadores no aseguran el desarrollo de un producto o software de calidad. Teniendo en cuenta que existen diferentes perspectivas sobre calidad, se desprende la siguiente pregunta: ¿Cómo aseguramos que un producto de software desarrollado sea de calidad?

Otra consideración que se encuentra en los productos de software son los errores en operación o la escasa técnica utilizada en el desarrollo del producto, esto conlleva a pérdida de recursos monetarios, tiempo y humanos que son necesarios para corregir dichos errores identificados.

En el ámbito de esta investigación, se examinaron cincuenta y dos (52) Universidades Públicas a través de una encuesta realizada por la Dirección General de Educación Superior Universitaria del Ministerio de Educación (MINEDU, 2019). Sorprendentemente, solo trece (13) de ellas disponían de sistemas integrados capaces de asegurar la trazabilidad efectiva de la información académica, permitiendo así una presentación relativamente eficaz de informes al Ministerio de Educación. En contraste, las demás universidades operaban con sistemas poco mantenidos, con fragmentación de información entre facultades o sedes. Esta fragmentación resultaba en datos poco confiables, informes no oportunos y una falta de alineación con los indicadores necesarios para el sistema de Educación Superior Universitaria. En este escenario, la implementación de una Plataforma Integrada de Gestión Académica se vuelve crucial para alinear los procesos académicos, proporcionando información transparente, confiable y la capacidad de informar de manera inmediata a las instancias gubernamentales pertinentes.

A la luz de lo anterior, resulta imperativo que las Universidades Públicas que carecen de sistemas eficientes adquieran un software académico de alta calidad. Con el objetivo de reducir los plazos de implementación, es esencial explorar el mercado en busca de desarrollos de sistemas similares ya en producción. En este contexto, se vuelve crucial contar con una propuesta de evaluación que siga las pautas de la Norma ISO/IEC 25000, la cual engloba la Norma ISO 9126 y la Norma ISO/IEC 12207. Esta normativa proporcionará el respaldo necesario para evaluar y seleccionar un software de gestión académica que cumpla con los estándares de calidad requeridos.

1.2. Definición del problema

De acuerdo al diagnóstico del MINEDU, las Universidades Públicas no cuentan con un Sistema de Gestión Académica que sea transparente, trazable, brinde información oportuna y sea confiable a sus estudiantes, docentes, personal administrativo y entidades rectoras, esto ocasiona que la información reportada a otros sistemas internos o externos no se valide previamente y se realice por archivos Excel o de manera manual.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo principal

Diseño de una matriz de evaluación de la calidad de un software para la selección de un Sistema de Gestión Académica para diez Universidades Públicas y la aplicación de modelos de calidad.

1.3.2. Objetivos específicos

- Construir un modelo de evaluación de calidad externa, calidad interna y calidad en uso a un producto de software existente.

- Definir las métricas de calidad externa e interna, calidad en uso y los instrumentos a utilizar en el caso de estudio.
- Elaborar criterios precisos para cuantificar y valorar la calidad de un software desarrollado.
- Elaborar un método, modelo, matriz de evaluación de la calidad que brinde soporte a un proceso de selección de un software en el Banco Interamericano de Desarrollo.

1.4. Justificación

En general las universidades públicas en el Perú se encuentran en un proceso de transición, desde lo tradicional: Islas de información, datos no estandarizados, reportes de información a destiempo y de baja calidad, nula trazabilidad o transparencia en sus procedimientos académicos; hasta la Transformación Digital anhelada con datos integrados, de calidad y de disponibilidad inmediata con el fin de agilizar la toma de decisiones y políticas públicas.

Referenciando un marco más amplio, como lo menciona EL ABC de la Interoperabilidad de los Servicios Sociales: “A nivel de toda la región los datos son de baja calidad y se encuentran fragmentados en varios sistemas no estandarizados” (Pombo, Ortega, Olmedo, Solalinde, & Cubo, 2019), este problema también se refleja en el sector superior universitario, de acuerdo diagnóstico realizado por el Ministerio de Educación (DIGESU 2019)

En atención a la necesidad de contar con un software académico de calidad para diez universidades públicas, que genere datos confiables y sea transparente desde el estudiante hasta el ente rector de manera eficiente, se hace necesario comprender el concepto de calidad, de acuerdo a Garvin: “La calidad es un concepto complejo y de facetas múltiples” (Garvin, 1984). La definición de la calidad es una tarea compleja porque es un concepto subjetivo y multifacético que varía según el contexto y las perspectivas individuales. La calidad se puede definir como el grado en que un producto

o servicio cumple o supera las expectativas del cliente y satisface sus necesidades, con este concepto claro, la ausencia de la calidad en un software adquirido afecta directamente a los servicios que deben brindar dichas instituciones a toda la comunidad académica.

En ese sentido, con el fin de justificar la presente investigación y tomando como referencia lo indicado en los párrafos precedentes, es necesario la construcción de una matriz de evaluación de la calidad de software relacionado con algún aspecto de la gestión de una institución universitaria pública, aplicando un modelo, estándar internacional o estudios relacionados con la forma en la que se deben obtener las métricas que ponderen las características de calidad del producto.

1.5. Propuesta metodológica

La propuesta en el presente trabajo de investigación consiste en evaluar la calidad de los softwares académicos tomando como usuarios evaluadores a una muestra de técnicos de universidades, especialistas técnicos del Ministerio de Educación y especialistas técnicos de la entidad adquirente (la Unidad Ejecutora).

Para la evaluación de la calidad de los softwares académicos se diseñará e implementará cinco fases de evaluación que a la vez contienen subfases:

1. Establecer requisitos
2. Especificación
3. Diseño
4. Ejecución
5. Conclusión

1.6. Organización de la tesis

En el Capítulo I.- Descripción e introducción de la trascendencia en seleccionar un software académico de calidad para diez universidades públicas, definición del problema, objetivo, justificación y propuesta metodológica de la presente investigación.

En el Capítulo II.- Presentación y descripción del Marco Teórico Conceptual con definiciones generales, el estado de los sistemas académicos en las universidades públicas en el Perú de acuerdo a la indagación del Ministerio de Educación (MINEDU), la ruta a seguir en un proceso de adquisición de software a medida con las normas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la presentación de modelos de calidad que evalúan la calidad en un software.

En el Capítulo III.- Descripción del Estado del Arte donde se presentan casos de estudios tomados en cuenta para fortalecer el sustento del trabajo de investigación, se resumen tres trabajos nacionales y un trabajo internacional.

En el Capítulo IV.- Descripción del Aporte Teórico se presenta el marco de desarrollo para la solución al problema planteado, se describirán las fases y subfases propuestas, así como metodología, justificación de la tecnología y método de evaluación.

En el Capítulo V.- En este capítulo se ejecutará la propuesta de evaluación, análisis de resultados obtenidos y evaluación global de la calidad bajo una perspectiva práctica.

En el Capítulo VI. - Conclusiones y recomendaciones de acuerdo a la evaluación de la calidad realizada a los softwares presentados en el proceso de adquisición.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

El presente apartado muestra la definición de conceptos preestablecidos que se mencionan en todo el documento de la presente investigación: Software, calidad, calidad de software, métricas, etc.

También se presenta a más detalle el estado de los sistemas académicos de las Universidades Públicas en el Perú, información presentada en base a las indagaciones realizadas por la Dirección de Educación Superior Universitaria (DIGESU) del Ministerio de Educación (MINEDU), como base para fortalecer el sustento de contar con un software académico estandarizado y de calidad.

Finalmente, se detalla el proceso de adquisición de un software a medida con las normas el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), tomando como referencia lo indicado en el documento de Adquisición de Bienes y Obras Financiadas por el BID, que especifica los criterios de evaluación y calificación de los oferentes que se presentan al proceso, finalmente se presenta un ejemplo de una matriz de evaluación utilizada en una Licitación Pública Internacional.

2.1. Definiciones generales

Con el fin de contar con definiciones validadas, unificadas y aprobadas por diferentes gurús y estándares ISO internacionales, se describe brevemente los siguientes conceptos técnicos:

2.1.1. ¿Qué es un Software?

De acuerdo a lo establecido por normas internacionales, un software es una colección de procesos, datos y documentos asociados, que se encuentran organizados de tal manera que permiten proporcionar instrucciones a un sistema de computadora, realizar funciones específicas con un resultado esperado. (IEEE-729, 1983)

2.1.2. La calidad del software

Para comprender el concepto de calidad del software es importante primero presentar el concepto de CALIDAD, de acuerdo a Garvin D. “La calidad se puede definir como el grado en que un producto o servicio cumple o supera las expectativas del cliente y satisface sus necesidades” (Garvin, 1984). En ese marco, Garvin describe ocho enfoques o dimensiones que determinan el concepto de CALIDAD: Rendimiento, características, confiabilidad, conformidad, durabilidad, servicio, estética y percepción; estos enfoques no son suficientes para asegurar la calidad de un objeto, sino que se debe contar con una visión multidimensional de la calidad tomando en cuenta que estos ocho enfoques, de acuerdo a la propuesta del autor, se encuentran relacionados y son de igual importancia. Ahora, considerando los enfoques propuestos, la calidad es subjetiva y en algunos enfoques depende de factores externos para asegurar que un objeto sea de calidad.

Por otro lado, en relación a la definición de calidad de un producto de software, de acuerdo a lo indicado por la IEEE “La calidad del software es el grado con el que un sistema cumple los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del usuario” (IEEE, 1991), y también de acuerdo a lo indicado por la norma internacional ISO/IEC 25010 “la calidad de un producto software se puede interpretar como el grado que dicho producto satisface los requisitos de sus usuarios aportando de esta manera un valor” (ISO-25010, s.f.), en esa línea podemos desprender que la calidad de un software refiere al grado de desempeño y satisfacción de sus principales características (internas y externas) que el software debe cumplir en todos sus ciclos de vida, esto tendrá como consecuencia el aumento de satisfacción en su uso, independiente del cumplimiento de la funcionalidad y eficiencia del software.

Otro concepto a tomar en cuenta sobre la calidad de un software, de acuerdo a lo manifestado por Pressman: “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” (Pressman, 2010)

En resumen, para que un software sea de calidad debe cumplir con todos los requisitos (necesidad identificada) funcionales, rendimiento, estándares de desarrollo, documentación y con las características inherentes que todo producto de software debe contar, si se cumple profesionalmente con todo lo anterior mencionado en todo el ciclo de desarrollo, mantenimiento, cambios, etc. Se minimiza el riesgo de desarrollar un software de baja calidad, en consecuencia, se contará con la satisfacción de los usuarios.

Finalmente, se ha considerado a un producto de software como un todo, no obstante, para mayor comprensión del alcance y definición de la calidad de un software podemos dividir la calidad en tres categorías: Calidad interna, externa y en uso, categorías que se describirán más adelante.

2.1.3. Métrica

Antes de presentar el concepto de métrica, surge la pregunta, ¿cómo se representa la calidad en algo concreto, tangible y objetivo, que se pueda definir, medir y planificar? En ese contexto se sustenta la necesidad de medir, de acuerdo a DeMarco “No se puede controlar lo que no se puede medir” (De Marco, 1982) y Fenton que presenta cuatro razones para medir productos de software: Medir para caracterizar, medir para evaluar, medir para predecir y medir para mejorar (Norman & Shari Lawrence, 1997). Con ese marco y como definición general, una unidad de métrica es una medida cuantitativa o cualitativa necesaria, y que se utiliza, para evaluar una característica o aspecto de un sistema o un proceso. Los resultados de las evaluaciones, que son cuantitativos y objetivos, ayudan a la toma de decisiones, oportunidades de mejora o comparación de resultados frente a otros aspectos de sistemas similares.

En el presente contexto, una métrica es una medida que se utiliza para evaluar características relacionadas a la calidad de un producto de software, estas pueden ser aplicadas en diferentes etapas del ciclo de desarrollo del software. A continuación, se describen algunas métricas comunes utilizadas en el marco de la presente investigación:

- Métricas de complejidad: evalúan la complejidad de un software en relación a su estructura y diseño. Número de caminos lógicos, profundidad de anidación o bucles, complejidad ciclomática (grafo de control que mide el número de caminos independientes que pueden ocurrir estando en ejecución, desde el inicio y fin del sistema evaluado) (McCABE, 1976)
- Métricas de tamaño: mide la cantidad de líneas de código, funciones u otras unidades de medida similares con el fin de evaluar la complejidad y alcance del sistema.
- Métricas de mantenibilidad: evalúa la facilidad con la cual el sistema puede ser mantenido y modificado. Incluye índices de cohesión, acoplamiento, tiempo de reparación de defectos.
- Métricas de eficiencia: evalúan el rendimiento del sistema en términos de tiempo de respuesta, optimización de recursos computacionales (memoria, procesador, disco, etc.).
- Métricas de confiabilidad: evalúa la capacidad del sistema de funcionar sin errores y sea confiable, las métricas más utilizadas en esta categoría son número de defectos, tiempo de recuperación entre fallas, tasa de fallas, etc.
- Métricas de usabilidad: evalúan la facilidad en el uso y la experiencia del usuario, incluye tasa de éxito en las tareas, tiempo para completar una tarea y satisfacción del usuario.
- Métricas de funcionalidad: evalúa los requisitos y funcionalidad esperadas en un software, algunas métricas en esta categoría puede ser la cobertura de requerimientos, la complejidad funcional, escalabilidad funcional, etc.
- Métricas de portabilidad: evalúa la capacidad del software en ser transferido o adecuado a otras plataformas o configuraciones sin perder funcionalidad o rendimiento; algunas métricas utilizadas en esta categoría son adaptabilidad, independencia de la plataforma, reusabilidad, capacidad de configuración, etc.

Finalmente, las métricas evalúan atributos físicos o abstractos de un sistema, también se pueden considerar métricas de uso interno o externo.

2.2. Estado de los sistemas académicos en las universidades públicas en el Perú

Antes de mencionar el estado de los sistemas académicos de las universidades públicas en el Perú, es importante contextualizar el marco que brinda el Estado Peruano en relación a la información y servicios esperados a los entes rectores y a la población académica superior. El Sistema Administrativo de Modernización de la Gestión Pública, que se aprueba mediante el Decreto Supremo N° 123-2018-PCM (Diario El Peruano, 2018), establece que el proceso de “modernización de la gestión pública consiste en la selección y utilización de todos aquellos medios orientados a la creación de valor público en una determinada actividad o servicio a cargo de las entidades públicas; por lo que crea valor público, entre otros, cuando se optimiza la gestión interna a través de un uso más eficiente y productivo de los recursos públicos, para, directa o indirectamente, satisfacer las necesidades y expectativas de las personas, generando beneficios a la sociedad” (PCM, 2018) .

Además, es importante tener en cuenta que lo dispuesto en la Ley N° 30220, Ley Universitaria, en cuyo artículo 11, sobre la transparencia de las universidades, se establece que: “Las universidades públicas y privadas brindan información confiable y oportuna vinculada a los indicadores del Sistema Integrado de Información de la Educación Superior Universitaria, a cargo del Ministerio de Educación, de acuerdo a los parámetros que esta entidad establece”¹ (LeyUniversitaria, 2014).

Al respecto, de acuerdo a lo requerido por el Estado Peruano en los instrumentos legales publicados y referidos en los párrafos preliminares, se sustenta la necesidad de que las universidades cuenten con un registro de información oportuno y confiable, esto permitirá un adecuado seguimiento y generación de indicadores a escala nacional, además de reducir la brecha tecnológica y de información que gestiona cada universidad pública beneficiada con el software académico.

Por el lado del Ministerio de Educación se cuenta con un Sistema de Recolección de la Información para Educación Superior (SIRIES), herramienta informática puesta en

¹ Párrafo incorporado por el artículo 33 del Decreto Legislativo N° 1451, publicado el 24/09/2018

producción desde el 2015, que permite recabar información académica e institucional de las universidades públicas y privadas, con la finalidad de identificar las necesidades en los diversos procesos de gestión en dichas instituciones, así como para el seguimiento y fomento de la educación superior permitiendo incrementar el acceso a la educación superior.

Con este contexto, el Ministerio de Educación realizó el año 2019 la indagación de la disponibilidad de sistemas de gestión académica (que reportar al SIRIES) en cincuenta y dos (52) universidades públicas, específicamente los módulos de admisión, matrícula y seguimiento de egresados. De los datos recolectados se desprende que el 73% (38) de las universidades cuentan con un sistema de admisión, 88% (46) con sistema de matrículas, y 37% (19) con sistema de seguimiento de egresados, el detalle se presente en la siguiente tabla:

Estado del sistema	Tipo de sistema		
	Admisión	Matrícula	Seguimiento de egresados
En proceso	11	5	20
No	3	1	13
Sí	38	46	19

Tabla 1: Número de universidades públicas que cuentan con alguno de los sistemas: admisión, matrícula o egresado, 2019 (Fuente: DIGESU)

De la tabla presentada se puede analizar los estados situacionales de las universidades públicas en el Perú, independientemente de la zona a nivel nacional donde se encuentren, de las treinta y ocho (38) universidades que cuenta un algún sistema de admisión treinta y seis (36) lo tienen instalado en un entorno web y solo dos (02) cuentan con validaciones con el Registro Nacional de Identificación y Estado Civil (RENIEC) a los postulantes.

De igual forma, de las cuarenta y seis (46) universidades que cuentan con un sistema de matrícula se desprende que cuarenta y cuatro (44) lo tienen instalado en un entorno web,

trece (13) se encuentran integrados a sus sistemas de admisión y solo un (01) sistema permite validación automática con RENIEC.

Para el caso del Sistema de Egresados, las diecinueve (19) se encuentran en versión web y solo ocho (08) se encuentran integrados a su sistema de matrícula.

De las incidencias encontradas, se ha generado un cuadro identificando los sistemas en versión web, que se puede acceder desde una red pública de Internet, que además se encuentran integrados en por lo menos entre dos sistemas de la universidad pública o cuentan con validación con RENIEC, que es importante para minimizar los errores en el ingreso de los datos básicos del postulante o estudiante y no genera información errada al momento de reportar a los entes rectores o al SIRIES. A nivel de universidades se identifica que la mayoría cuenta con islas de sistemas que no se comunican internamente, y mucho menos externamente con el MINEDU.

Sistema	Características		
	Web	Integrado	Validación con RENIEC
Admisión	38		2
Matrícula	44	13	1
Egresados	17	8	0

*Tabla 2: Número de universidades públicas que tienen integrado sus sistemas y cuenta con validación a RENIEC, 2019
(Fuente: Elaboración propia)*

Para tener en cuenta la situación actual de la ruta de información de las universidades, de acuerdo al diagnóstico con el que se cuenta, y la cual deben reportar a los entes rectores de la educación superior en el Perú, se presenta el escenario actual donde no se articula automáticamente la información entre la fuente primaria que es la universidad pública y los diferentes actores vinculados en la educación superior universitaria, en el marco del proceso de modernización y eficiencia de la gestión en el Estado Peruano. Además, a consecuencia a la no validación de los postulantes o estudiantes de su información básica, no interoperando por ejemplo con RENIEC, SUNAT, validación de egreso de educación básica, SISFOH (Sistema

de Focalización de Hogares, con el fin de validar el estado de los estudiantes), no permite gestionar datos limpios y trazables.

Es por tal motivo, que la fuente primaria de información, es decir, los sistemas que gestionan las universidades públicas deben ser de calidad, transparentes y con información validada desde el ingreso de nuevos datos al sistema de educación superior. El presente trabajo de investigación presenta una matriz de evaluación de la calidad de un producto de software y realiza una propuesta con el fin de seleccionar un software académico de calidad.

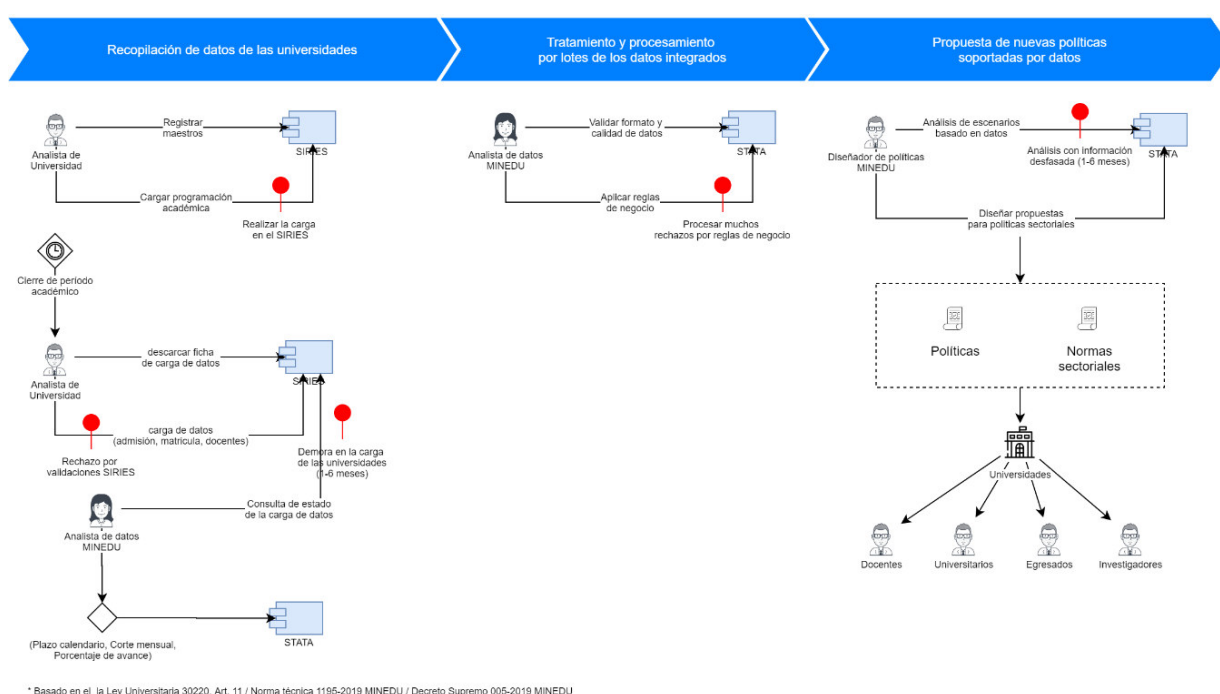


Ilustración 1: Modelo actual de datos entre universidades y Ministerio de Educación (Fuente: Minedu)

2.3. Proceso de adquisición de software a medida en el Estado Peruano con las normas del Banco Interamericano de Desarrollo

Tomando como referencia las “Políticas para la Adquisición de Bienes y Obras Financiadadas por el Banco Interamericano de Desarrollo – GN-2349-15” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019) , este documento tiene como propósito *“informar a los ejecutores de un proyecto financiado en su totalidad o en parte con un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) acerca de las políticas que rigen la*

adquisición de los bienes, de las obras y servicios conexos necesarios para los objetivos del proyecto” (BID, LA ADQUISICIÓN DE OBRAS Y BIENES, 2011), en ese marco tomando en cuenta los criterios de evaluación diseñados para un proceso de adquisición internacional, en el caso de presente investigación la adquisición de un software académico para las universidades públicas, se indica: “El objetivo de la licitación pública internacional es proporcionar a todos los posibles oferentes elegibles notificación oportuna y adecuada de los requerimientos de un Prestatario en cuanto a los bienes y obras necesarios de un proyecto, y proporcionar a dichos oferentes igualdad de oportunidades para presentar ofertas en relación con los mismos” (BID, LA ADQUISICIÓN DE OBRAS Y BIENES, 2011).

Con la base descrita y de acuerdo al documento proporcionado por el Banco Interamericano de Desarrollo “Adquisición de Sistemas Informáticos: Diseño, suministro e instalación, mediante Licitación Pública Internacional”, que ha entrado en vigencia desde el 01 de enero del 2020, se presenta el concepto de “Sistema Informático como un todo integrado que lleva a cabo una función operacional”, además, *“la prestación de este tipo de servicio considera que el Proveedor (ganador de la Licitación Pública Internacional) debe diseñar, suministrar e instalar equipos, sistemas de comunicación, transferencia y almacenamiento de datos físicos o en la nube, establecer redes, proporcionar servicios web, diseño web, mejora y modernización de los sistemas existentes, compra de licencias, diseño del sistema pero no tan complicado como un sistema complejo (Por ejemplo, un ERP) suministro de servidores, computadoras de escritorio, computadoras portátiles, servicios de seguridad, redes de impresoras inteligentes, integración de sistemas contables existentes, aplicaciones financieras, de adquisición, archivo, correspondencia, catastros de clientes, facturación, cobro de pagos y capacitación y desarrollo de aplicaciones propias (API) para el Cliente. El diseño y suministro del sistema puede consistir tanto en la integración o modificación o adaptación de software comercial como para sistemas informáticos desarrollados completamente.”* (BID, Documentos Estándar de Adquisiciones, 2020)

Teniendo claro el alcance del proceso de adquisición con el fin de obtener un Sistema informático, con las políticas presentadas y de acuerdo a lo conceptualizado por el BID; además, adicionando las bases del “Mejoramiento de los Sistemas Administrativos y de

información de las universidades, a través de la implementación del sistema integrado de gestión académica universitaria”, donde diez (10) Universidades Públicas del Perú fueron beneficiadas y esperan mejorar sus sistemas de información con el fin de optimizar el registro de su información académica (PMESUT, 2019); en resumen, de acuerdo a los términos de referencia de este proceso se requieren tres grandes líneas de gestión académica para universidades públicas. Adquisición, adecuación, despliegue e implementación de un sistema que gestione los siguientes procesos: admisión, gestión académica y seguimiento de egresados.

Más allá de los formatos administrativos y requisitos que los oferentes o empresas que postularon al proceso de adquisición convocado por la Unidad Ejecutora, en la presente investigación solo se considerará y evaluará las propuestas técnicas que se presenten en dos sobres cerrados: Propuesta técnica y propuesta económica, en primer lugar, se apertura y evalúa la propuesta técnica, luego de los oferentes que superen esta etapa se apertura su propuesta económica.

Considerando los Criterios de Evaluación y Calificación propuesto por el BID, corresponde una evaluación combinada de las ofertas a través de la siguiente fórmula:

Puntuación evaluada (B)	$B = \frac{C_{low}}{C}X + \frac{T}{T_{high}}(1 - X)$
C:	“Costo evaluado de la oferta”
C _{low} :	“Costo más bajo de todos los costos de oferta”
T:	“Puntaje técnico total evaluado”
T _{high} :	“Puntaje técnico más alto de las propuestas presentadas”.
X:	Peso del costo de acuerdo a lo especificado al inicio de proceso de licitación (por ejemplo: 70%). Y, 1-X = %30 (Peso técnico)

Tabla 3: Fórmula de puntuación evaluada (Fuente: Documento estándar de licitación de Sistemas Informáticos, BID, 2020)

Con todo el contexto y evaluación en general de una o más propuestas, descrito anteriormente, ahora corresponde la evaluación técnica de cada oferta presentada que, de acuerdo a las recomendaciones incluidas en las políticas del BID, se realice a través de un

Comité del proceso de adquisición, el comité inicialmente está conformado por personal administrativo, personal técnico y personal del área usuaria beneficiaria:

- i) El BID indica que se evaluará el “Rendimiento, capacidad o funcionalidad, que excedan los niveles obligatorios especificados en los requisitos técnicos, o inciden en el costo y la eficiencia del Sistema Informático durante toda su vida útil” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019)
- ii) El BID indica que se evaluará las “Características relativas al uso, tales como la facilidad de uso, de administración o de expansión, que inciden en el costo y la eficiencia del Sistema Informático durante toda su vida útil” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019).
- iii) El BID indica que se evaluará la “La calidad del plan preliminar del Proyecto del Licitante, demostrada por la integridad, la racionalidad y la adecuación de lo siguiente: (a) los cronogramas de tareas y recursos, tanto generales como específicos, y (b) los mecanismos propuestos de gestión y coordinación, capacitación, garantía de calidad, apoyo técnico, logística, solución de problemas, transferencia de conocimientos y demás actividades especificadas por el Comprador” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019).
- iv) Sobre la ponderación de puntajes el BID indica que “Las características técnicas que indican el grado en que el Sistema Informático satisface las necesidades operacionales del Comprador (con inclusión de la garantía de calidad y de medidas de reducción de riesgos asociadas a la implementación del Sistema Informático)” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019).
- v) El BID indica que “Las características técnicas que indican el grado en que el Sistema Informático se ajusta a los niveles de rendimiento funcional del sistema” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019).
- vi) Finalmente, el BID recomienda que “Las características técnicas que indican el grado en que el Sistema Informático satisface los requisitos técnicos generales de equipos, redes y comunicaciones, software y servicios” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019).

Adicionalmente, de acuerdo a las recomendaciones del BID, las características técnicas se dividen en categorías y características que son propuestas por el contratante orientado al cumplimiento de los requerimientos y objetivo del proyecto BID.

Las categorías y características se regirán por puntos y pesos (o ponderaciones), un ejemplo práctico de propuestas de categorías tomado de un proceso de Licitación Pública Internacional en Ecuador “*Adquisición del nuevo sistema software de manejo integral de gestión minera*” (GOB.EC, 2022) se representa la Tabla 4, las ponderaciones tienen como máximo la cantidad del peso técnico establecido en la fórmula anterior (30%) (GOB.EC, 2022, pág. 52) y los puntos se encuentran relacionados a las características internas de cada categoría (puntaje entre 0 y 4), detalladas en la Tabla 5.

N°	CATEGORÍAS	PUNTOS	PONDERACIÓN %
1.2	“Requisitos operacionales o funcionales del sistema informático personalizado”	24	16,00
1.2.1.2	“Características No Funcionales del sistema informático personalizado”	20	5,00
1.3	“Requisitos de arquitectura del Sistema informático personalizado”	12	3,00
1.4	“Funciones de gestión y administración del Sistema Informático”	4	1,00
1.5	“Requisitos de rendimiento del Sistema Informático”	4	1,00
2.4	“Metodología de capacitación”	8	2,00
2.5	“Conversión y migración de datos”	8	2,00
	TOTAL	80	30,00

Tabla 4: Ejemplo de ponderación de las características técnicas propuestas al 30% (Fuente: (GOB.EC, 2022, pág. 52))

En la misma línea, y ampliando la tabla anterior de categorías y ponderación, se presenta Tabla N° 05 con el detalle de las características propuestas a evaluar (GOB.EC, 2022, pág. 55), en un nivel superior las categorías, puntos y ponderaciones propuestas a evaluar en el ejemplo:

No	"CARACTERÍSTICAS"	"PUNTAJE"					PUNTOS	PONDERACIÓN %
		"NO está presente"	"Presente, pero tiene deficiencias"	"Cumple los requisitos"	"Excede marginalmente los requisitos"	"Excede en gran medida los requisitos"		
		0	1	2	3	4		
1.2	"Requisitos operacionales del sistema informático personalizado"						24	16
1.2.1.1	"Para agregar o modificar parámetros del sistema en el módulo de administración del sistema ofertado"	"No Cumple"	"Efectúa cambios en base de datos y/o código fuente"	"Efectúa parametrización de variables de configuración o variables de entorno"	"Efectúa parametrización de variables de configuración o variables de entorno y conexión a base de datos"	"Efectúa parametrización de variables constantes, atributos de la base de datos y Flujos"		
1.2.1.2	"Demostración práctica del sistema a ser personalizado de forma remota"	"No Cumple"	"Modificación de un flujo a través de código fuente"	"Modificación de un flujo a través de una interfaz de administración"	"Modificación de un flujo sin generar inconsistencias en los datos"	"Creación de un flujo desde cero"		
1.2.1.3	"Demostración práctica del funcionamiento del Módulo de seguridades"	"No Cumple"	"Debe tener autenticación con base en perfiles y roles, así como pistas de auditoría"	"Que cuente con pistas de auditoría estáticas y los roles y perfiles sean parametrizables"	"Que las pistas de auditoría sean parametrizables y roles y perfiles estáticos"	"Que las pistas de auditoría y los perfiles y roles sean parametrizables y administrables por el super usuario o super administrador"		
1.2.1.4	"Demostración práctica del funcionamiento del sistema a ser parametrizado o personalizado de forma remota"	"No Cumple"	"Interfaz no amigable"	"Interfaz amigable"	"Interfaz amigable e intuitivo"	"Interfaz amigable, intuitivo e informativo"		
1.2.1.5	"Ingreso del tipo de coordenadas"	"No Cumple"	"UTM o geográficas"	"UTM y geográficas"	"Permita seleccionar el tipo de coordenada"	"Permite el ingreso de coordenadas UTM y geográficas hasta con 3 decimales"		
1.2.1.6	"Re proyección entre sistemas de referencia"	"No Cumple"	"PSAD56 a SIRGAS"	"PSAD56 a SIRGAS Ecuador (WGS84)"	"PSAD56 a SIRGAS Ecuador (WGS84) bajo modelo matemático limitado"	"PSAD56 a SIRGAS Ecuador (WGS84) bajo modelo matemático de transformación de 7 parámetros"		
1.2.1.2	"Características No Funcionales del sistema informático personalizado"						20	5
1.2.1.2.1	"Lenguaje de Programación"	"No Cumple"	"Otros"	".Net"	"Java, JavaScript"	"Python"		
1.2.1.2.2	"Interfases del Sistema"	"No Cumple"	"No adaptables"	"Adaptable a computadoras de escritorio"	"Adaptable a Tablet y Portátiles"	"Adaptable a cualquier pantalla"		
1.2.1.2.3	"Reportaría"	"No Cumple"	"Reportes estáticos"	"Reportes dinámicos"	"Reportes dinámicos con gráficos estadísticos"	"Reportes dinámicos con inteligencia de tiempo, gráficos estadísticos y predictivos"		
1.2.1.2.4	"Herramientas para la educación continua"	"No Cumple"	"Aplicativos de video conferencia"	"Aplicativos de colaboración"	"Aplicativos de E-learning software propietario"	"Aplicativos de E-learning software libre"		
1.2.1.2.5	"Experiencia en la implementación del software"	"No Cumple"	"presente en al menos 1 país"	"presente en al menos 2 países"	"presente en al menos 3 países"	"presente en al menos 4 países"		
1.3	"Requisitos de arquitectura del Sistema informático personalizado"						12	3
1.3.1	"Arquitectura de Software"	"No Cumple"	"Arquitectura Web"	"Arquitectura Web monolítica 3 capas"	"Arquitectura Web basada en SOA"	"Arquitectura Web Microservicios y contenedores"		
1.3.2	"Capacidad de Hardware"	"No Cumple"	"Holgura menor a 25% sobre los parámetros mínimos de operación y crecimiento"	"Holgura del 25% sobre los parámetros mínimos de operación y crecimiento"	"Holgura del 30% sobre los parámetros mínimos de operación y crecimiento"	"Holgura del 35% sobre los parámetros mínimos de operación y crecimiento"		

1.3.4	"Tecnología para la interoperabilidad"	"No Cumple"	"No dispone de gestor de API"	"Dispone de gestor de API"	"Dispone de gestor de API parametrizable"	"Gestor de API"		
1.4	"Funciones de gestión y administración del Sistema Informático"						4	1
1.4.1.4	"Aprovisionamiento de espacio para respaldo y recuperación ante desastres"	"No Cumple"	"Mínimo el 80% del aprovisionamiento efectivo de la solución"	"Mínimo el 90% del aprovisionamiento efectivo de la solución"	"Mínimo el 95% del aprovisionamiento efectivo de la solución"	"Mínimo el 100% del aprovisionamiento efectivo de la solución"		
1.5	"Requisitos de rendimiento del Sistema Informático"						4	1
1.5.1	"Escalabilidad y Rendimiento"	"Escalabilidad vertical"	"Escalabilidad horizontal"	"Escalabilidad horizontal con balanceo de carga por hardware"	"Escalabilidad horizontal con balanceo de carga por software"	"Clustering de servidores"		
2.4	"Metodología de capacitación"						8	2
2.4.1	"Modalidad de Capacitación"	"No Cumple"	"Virtual"	"Presencial y virtual"	"Presencial y virtual con certificación del proveedor"	"Presencial y virtual con certificación del fabricante"		
2.4.2	"Capacitación a usuarios sobre la funcionalidad del sistema"	"No Cumple"	"Usuarios limitados"	"Ministerio y Agencia"	"Ministerio y Agencia"	"Ministerio y Agencia"		
				"Matriz"	"Matriz y zonales"	"Matriz, zonales y GAD"		
2.5	"Conversión y migración de datos"						8	2
2.5.1	"Mecanismos de validación de la información migrada"	"No Cumple"	"Personal humano no calificado"	"Personal humano calificado"	"Software"	"Software y personal humano calificado"		
2.5.2	"Metodología de la migración de información"	"No Cumple"	"Cumple especificaciones parcialmente"	"Cumple especificaciones"	"Cumple especificaciones y hace recomendaciones"	"Cumple especificaciones, hace recomendaciones y mitiga riesgos"		
	TOTAL						0	0

Tabla 5: Ejemplo del detalle de características técnicas a evaluar con una ponderación técnica al 30% (Fuente: (GOB.EC, 2022, pág. 55))

Tomando como base las características de ejemplo descritas en la tabla precedente, el comité de evaluación (parte administrativa, técnica y beneficiaria), de acuerdo a las recomendaciones del BID: "(...) asignará a cada característica deseable/preferida un puntaje en números enteros de 0 a 4, donde 0 significa que la característica no está presente, y los puntajes 1 a 4 representan valores predefinidos de las características deseables que se presten a una forma objetiva de calificación (...)" (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019), contando con las conclusiones en los documentos de licitación, el BID especifica a través de un ejemplo los siguientes puntajes: "(...) el puntaje será 1 cuando la característica está presente pero tiene deficiencias; 2 cuando cumple los requisitos; 3 cuando excede marginalmente los requisitos, y 4 cuando excede en gran medida los requisitos" (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019)

Además, como se visualiza en la Tabla N° 05 cada categoría tiene asignado una ponderación, y de acuerdo a la recomendación del BID "dentro de cada categoría, cada

característica recibirá una ponderación que en suma es igual a la ponderación de la categoría” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019).

De acuerdo a lo especificado por el BID, “el puntaje de cada característica (i) dentro de una categoría (j) se combinará con los puntajes de las características de la misma categoría como una suma ponderada para formar el puntaje técnico de la categoría utilizando la siguiente fórmula” (Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019, pág. 80)

Puntuación técnica por categoría (S_j)	
Fórmula	$S_j \equiv \sum_{i=1}^k t_{ji} * w_{ji}$
“ t_{ji} .”	“El puntaje técnico de la característica ‘i’ de la categoría ‘j’”
“ w_{ji} .”	“La ponderación de la característica ‘i’ en la categoría ‘j’”
“ k .”	“El número de características calificadas en la categoría ‘j’”
$\sum_{i=1}^k w_{ji} = 1$	Sumatoria de ponderación de cada característica debe dar el total (100%) de la ponderación de la categoría.

Tabla 6: Fórmula de puntuación técnica por categoría (Fuente: Documento estándar de licitación de Sistemas Informáticos, BID, 2020)

Finalmente, en línea a lo recomendado por el BID, “los puntajes técnicos de las categorías se combinarán en una suma ponderada para formar el puntaje de la Oferta Técnica utilizando la siguiente fórmula” (BID, Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos, 2019, pág. 80):

Puntuación técnica de la oferta	
Fórmula	$T \equiv \sum_{j=1}^n S_j * W_j$
“ S_j .”	“El puntaje técnico de la categoría ‘j’”
“ w_j .”	“La ponderación de la categoría ‘j’”
“ n .”	“El número de categorías”

$\sum_{j=1}^n W_j = 1$	Sumatoria de ponderación de cada categoría, que debe dar el total de la ponderación de técnica.
------------------------	---

Tabla 7: Fórmula de puntuación técnica de la oferta (Fuente: Documento estándar de licitación de Sistemas Informáticos, BID, 2020)

En conclusión, de acuerdo a los lineamientos proporcionados por el BID, desde el 1 de enero del 2020, las ofertas técnicas de un sistema informático se evalúan a través de un comité del proceso con una matriz de categorías, características deseadas, puntajes y ponderaciones. En promedio el peso de la evaluación técnica es de un 20% o 30% de todo el proceso de Licitación Pública Internacional, el mayor porcentaje lo tiene la propuesta económica.

Por otro lado, en el “documento estándar de licitación de Sistemas Informáticos: Sección III. Criterios de evaluación y calificación (posterior a la precalificación)” (BID, Documentos Estándar de Adquisiciones, 2020) no se precisa el criterio de evaluación o estándar recomendado para asignar la puntuación de 0 a 4 de cada característica deseada (en el ejemplo de la Tabla N° 05 la columna Puntos); esto se deja a criterio del contratante y el comité de evaluación designado para el proceso.

Considerando lo descrito en el párrafo anterior, en la presente investigación, se ha tenido a bien priorizar la calidad de un software en la evaluación técnica, complementando el cumplimiento de las categorías y características deseadas en la escala del 0 al 4. De acuerdo al estándar elegido y detallado en el Capítulo IV se evalúa la calidad externa, calidad interna y calidad en uso de los sistemas informáticos presentados en el proceso de adquisición; esta propuesta apoyaría y brindaría un marco técnico al puntaje de cada característica del sistema informático evaluado por el Comité del Proceso.

2.4. Modelos de evaluación de calidad de producto

Un modelo de la calidad de producto debe ir enfocado al monitoreo y evaluación a cada fase o etapa en la construcción del software, en la misma línea, de acuerdo a lo indicado por Scalone “los modelos de calidad son aquellos documentos que reúnen e integran las mejores prácticas para el ciclo de vida del software, en los que cada organización debe priorizar qué prácticas utilizar, aplicándolas a los procesos clave y con esto medir los avances en calidad” (Scalone, 2006).

De acuerdo a lo definido, orientado a la evaluación de la calidad del producto, la correcta aplicación de un modelo, independientemente de la complejidad del producto, permitirá evaluar, proponer e implementar algunas estrategias que permitan afinar sus procesos desde tempranas etapas de desarrollo. O en comparación con otros softwares similares, pueda ser medido o evaluado.

Básicamente todos los modelos de calidad de software tienen en común su estructura: Factor de calidad, criterio de calidad y métricas, procederemos a describir de manera concisa algunos modelos utilizados:

- Modelo ISO/IEC 9126:

También conocido como norma de calidad de software es un modelo de calidad que poco a poco será reemplazado por el modelo SQuaRe (que se definirá más adelante), se presenta como un conjunto de características que decantan en subcaracterísticas que, de acuerdo al modelo, debe cumplir todo desarrollo de software para que se considere como producto de calidad.

El modelo se divide en cuatro partes:

- ISO/IEC 9126-1: Presentación del “modelo de calidad del software, que se estructura en características y subcaracterísticas” (ISO 9126-1, 2001).

- ISO/IEC 9126-2: Pone a disposición métricas externas que miden atributos de seis características de calidad externa que fueron presentadas en la ISO/IEC 9126-1, además proporciona “la hoja de ruta de cómo aplicar las métricas de calidad de software” (ISO-9126-2, 2003).
- ISO/IEC 9126-3: Pone a disposición métricas internas, con el fin de “medir atributos de seis características de calidad interna” (ISO-9126-3, 2003)
- ISO/IEC 9126-4 (2001): “Conceptualiza y define métricas de calidad en uso que tiene como objetivo medir los atributos” (ISO-9126-4, 2004).

Hay que precisar que solo ISO/IEC 9126-1 (2001) es un estándar aprobado y ahora se encuentra publicado, los demás ítems presentados en la lista precedente se consideran como Reportes Técnicos, no obstante, se ha presentado en la investigación ya que se relaciona con otro estándar con un modelo de calidad similar (ISO/IEC 14598).

En relación al estándar ISO/IEC 9126-1 (2001) presenta y se enfoca en definir dos modelos de calidad: Calidad Interna más Externa y la Calidad en Uso. Estas características se dividen en seis áreas:

- Funcionalidad: se refiere a la capacidad del software que cumple con los requisitos funcionales y no funcionales especificados por el usuario. Incluye aspectos de seguridad e interoperabilidad.
- Fiabilidad: capacidad del software en mantener un rendimiento constante, sin fallos y de acuerdo a lo esperado a lo largo del tiempo. Incluye aspectos como la tolerancia a fallos, la recuperación de errores y la capacidad de resistir ataques externos y errores internos.
- Usabilidad: se refiere a la facilidad de uso del software para el usuario final. Incluye aspectos como la facilidad de aprendizaje, la eficiencia, la experiencia del usuario y la satisfacción del usuario.
- Eficiencia: se refiere a la capacidad del software para realizar tareas con la menor cantidad posible de recursos, como tiempo, almacenamiento y memoria. Incluye

aspectos como la velocidad, la utilización de recursos y la capacidad de escalar, en resumen, la capacidad proporcionar un desempeño apropiado en relación a los recursos utilizados.

- Mantenibilidad: se refiere a la facilidad y efectividad con la que se puede mantener y mejorar el software a lo largo del tiempo. Incluye aspectos como la facilidad de modificación, la facilidad de prueba y la estabilidad.
- Portabilidad: capacidad del sistema en funcionar correctamente en diferentes plataformas. Incluye aspectos como la compatibilidad, la adaptabilidad y la facilidad de instalación.

Ampliando el concepto del primer modelo del estándar ISO/IEC 9126-1 (2001), se detalla:

- Calidad Interna: para medir la calidad interna y esta pueda ser evaluada por medio de documentos o código desarrollado que también se le considera atributos estáticos, por ejemplo: Documento de especificación de requerimientos, documento de diseño o arquitectura del producto, partes de código fuente, etc.
- Calidad Externa: para medir la calidad externa y esta puede ser evaluada es necesario contar con atributos dinámicos, que se pueden considerar como módulos o el software ejecutado en un medio de pruebas o producción, con las condiciones reales de ejecución, en estas condiciones será posible medir y evaluar la calidad externa en un módulo o el software completo.

Para resumir, en relación a la calidad interna podemos definirla como el cumplimiento de todos los atributos definidos y la satisfacción que produce al ser utilizado un software en condiciones reales, y la calidad externa en la medida del grado de satisfacción que produce el cumplimiento de todas las características requeridas en un producto de software.

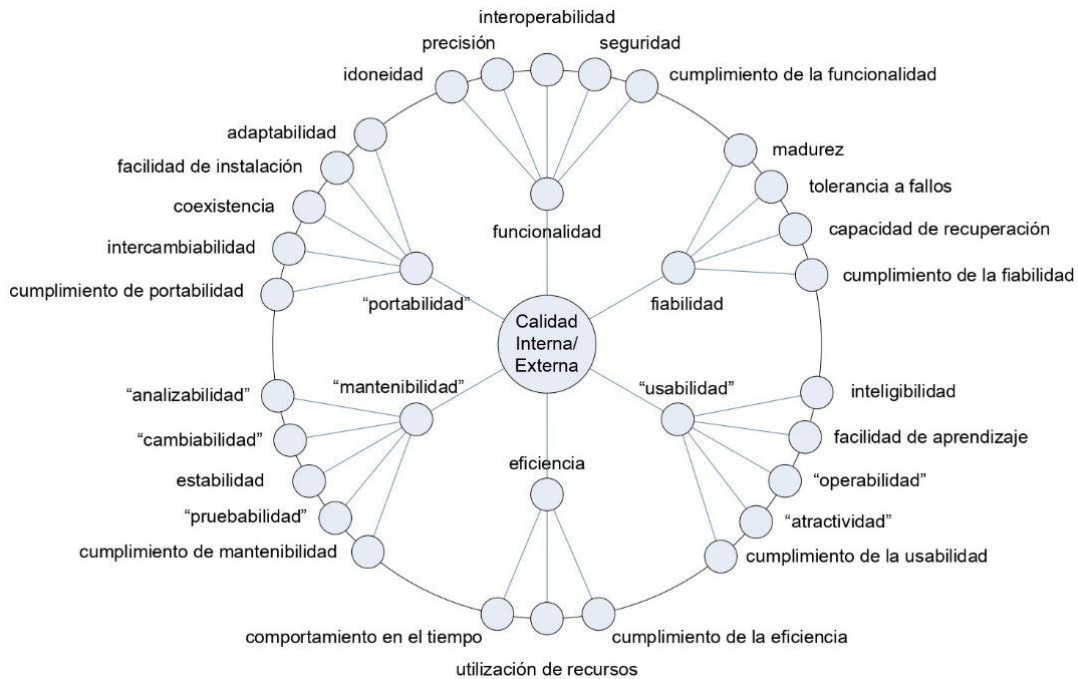


Ilustración 2: Características de la calidad interna y externa [Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.)]

- Calidad en Uso: en relación al presente apartado, define métricas para la medición de la productividad, seguridad, efectividad y satisfacción (ISO-9126-4, 2004).

Considerando estas características, este modelo está orientado a facilitar el cumplimiento de los requerimientos (funcionales y no funcionales) con eficacia, eficiencia, seguridad y satisfacción con las condiciones adecuadas de uso.

Ahora, ¿cómo se relacionan la evaluación de la calidad interna, externa y en uso? De acuerdo al “Marco conceptual para el modelo de la calidad” (González, 2002) y lo que se presenta en la ilustración N° 03, el ciclo de vida (que se define en otro estándar internacional ISO/IEC 12207), “la calidad del proceso (calidad de cualquiera de los procesos del ciclo de vida) contribuye a mejorar la calidad del producto y que la calidad del producto contribuye a mejorar la calidad en uso. Por lo tanto, evaluar y mejorar un proceso es una

manera de mejorar la calidad del producto, y evaluar y mejorar la calidad del producto es una manera de mejorar la calidad en uso. De igual manera, evaluar la calidad en uso puede proporcionar una retro alimentación para mejorar el producto, y evaluando un producto puede proporcionar una retro alimentación para mejorar un proceso.” (ISO9126-1, 2001)

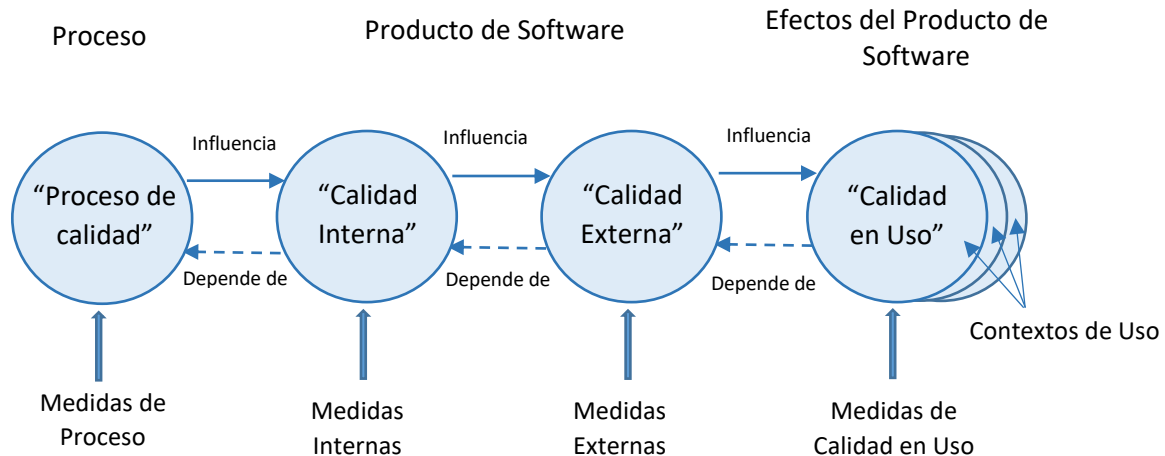


Ilustración 3: "Marco conceptual para el modelo de calidad" [Fuente: (González, 2002)]

En general, el modelo ISO/IEC 9126 es útil para evaluar y mejorar la calidad del software, pone a disposición un bloque completo de características que pueden ser utilizadas para medir la calidad de un producto de software. Su aplicación puede ayudar a las organizaciones a desarrollar software de alta calidad y mejorar la satisfacción del cliente.

- **Modelo ISO/IEC 14598:** El modelo provee métodos para las mediciones y evaluaciones de la calidad de un software, además de guías y requisitos para la evaluación, así como brinda el detalle de su aplicación en la evaluación.

Esta norma está orientada a programadores de software, adquisidores y evaluadores independientes, es decir aquellos perfiles quienes están a cargo de evaluar un software, los componentes en la evaluación de la calidad del software son: Modelos de calidad, método de evaluación, medidas de software y herramientas de soporte. Se divide en las siguientes partes:

- “Definición de pautas que ayudan al proceso de evaluación del producto de software” (ISO-14598-1, 1999).
- “Planeación y gerenciamiento” (ISO-14598-2, 2000).
- “Proceso de evaluación para desarrolladores” (ISO-14598-3).
- “Proceso de evaluación para adquirentes” (ISO-14598-4, 1999).
- “Proceso de evaluación para evaluadores” (ISO-14598-5, 1998).
- “Guía y documentación de módulos de evaluación” (ISO-14598-6, 2001).

Relación entre los modelos de evaluación de la calidad: ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598: De acuerdo a lo mostrado en la ilustración N° 04, se presenta la “relación entre las normas de calidad ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598-1” (Tello, 2016).

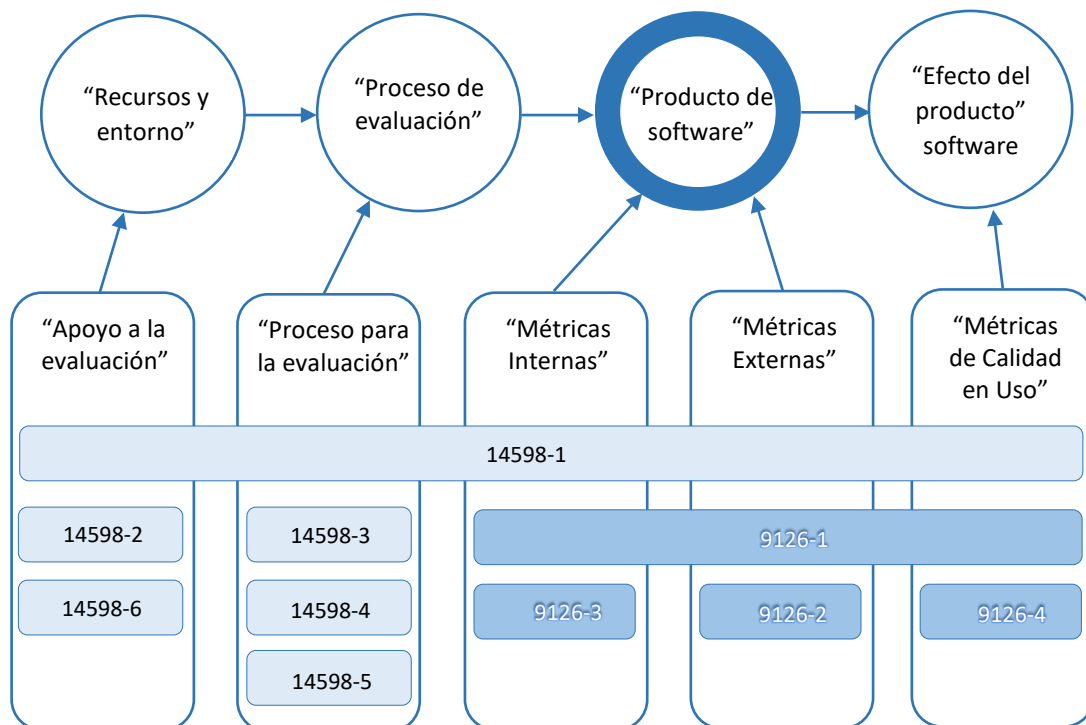


Ilustración 4: “Relación ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598” [Fuente: (Tello, 2016, pág. 21)]

De acuerdo al concepto presentado por Tello: “El proceso de evaluación se ve influenciado por su contexto (ambiente) y requiere de recursos (personal, herramientas, tiempo, etc.) estos dos aspectos son gestionados por actividades de soporte a la evaluación” (Tello, 2016, pág. 22), este concepto es abordado en la Norma ISO/IEC 14598-2 “Planificación y Gestión” e ISO/IEC 14598-6 “Documentación de los Módulos de Evaluación”, en la ilustración previa “Apoyo a la Evaluación”.

También el “Proceso de Evaluación”, que se alinea de acuerdo a quién lo realiza: Desarrolladores, compradores o evaluadores, aplicado sobre el software a través de un modelo que es definido en el ISO/IEC 9126-1 “Modelo de Calidad”.

En el modelo de calidad definido en ISO/IEC 9126-1 son aplicadas las métricas internas (ISO/IEC 9126-3), métricas externas (ISO/IEC 9126-2) y métricas de calidad en uso (ISO/IEC 9126-4).

Todo el marco está definido por la Norma ISO/IEC 14598-1, el cual proporciona un esquema general de la evaluación de la calidad y su entorno.

En este punto, es pertinente mencionar la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 9126-1 que define métricas de calidad en uso para la evaluación de calidad de un software, también establece tres niveles: Característica, subcaracterísticas y métricas, para su medición a través de métricas externas métricas internas y métricas en calidad en uso, que corresponde a la NTP ISO/IEC 9126-2:2004, 9126-3:2005 y 9126-4:2005, respectivamente.

Conforme a lo indicado por la “Norma Técnica Peruana ISO/IEC 9126:2004” el modelo de calidad interna y externa está conformado por: “Funcionalidad, confiabilidad, facilidad de uso, eficiencia, facilidad de mantenimiento y portabilidad” (ISO 9126-1, 2001)

En relación a las métricas de Calidad en Uso, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana, se caracteriza por contar con: Eficacia (efectividad), productividad, seguridad y satisfacción. (ISO-9126-4, 2004)

- Modelo CMMI (abreviatura en inglés de “*Capability Maturity Model Integration*” o “Modelo de Madurez de Capacidad Integrado”): es una guía para la mejora del proceso

de desarrollo de software propuesta por el Instituto de Ingeniería de Software de *Carnegie Mellon University* - EEUU, como expansión del “Modelo de Madurez (CMM)”. En su última versión también se aplica a la evaluación a servicios en general. El modelo espera ayudar a las organizaciones a mejorar la eficacia y la eficiencia de sus procesos y mejorar la calidad de sus desarrollos a través de mejoras en los procesos de los proyectos.

Este modelo se categoriza en cinco niveles, cada uno con sus propias metas y prácticas que indican la madurez de la organización. Estos niveles son los siguientes:

- Inicial: las organizaciones que se encuentran en este nivel tienen procesos de desarrollo de software para un fin determinado y no tienen ningún proceso formalizado.
- Repetible: las organizaciones incluidas en este nivel tienen procesos de desarrollo de software documentados y duplicable, sin embargo, su definición aún es incipiente.
- Definido: las organizaciones que se encuentran en este nivel, tienen procesos de desarrollo de software bien definidos y estandarizados.
- Gestionado cuantitativamente: las organizaciones que se encuentran en este nivel miden, controlan sus procesos y productos de desarrollo de software, y utilizan esta información como insumo de la alta gerencia.
- Optimizado: las organizaciones tienen procesos de desarrollo de software continuamente mejorados y optimizados, y a través de un ciclo de mejora utilizan la retroalimentación del proceso para mejorar constantemente.

El modelo CMMI está diseñado para coadyuvar a mejorar el rendimiento de las organizaciones con el fin de desarrollar de manera constante mejores productos y servicios.

En resumen, el modelo CMMI es un marco de mejora de procesos de software completo y riguroso que, si el modelo es bien aplicado, mejora la calidad y la eficacia de

procesos de desarrollo de software en las entidades. De acuerdo a los lineamientos establecidos en el modelo, las entidades que lo apliquen pueden lograr una mayor madurez en sus procesos y mejorar la calidad del software que producen.

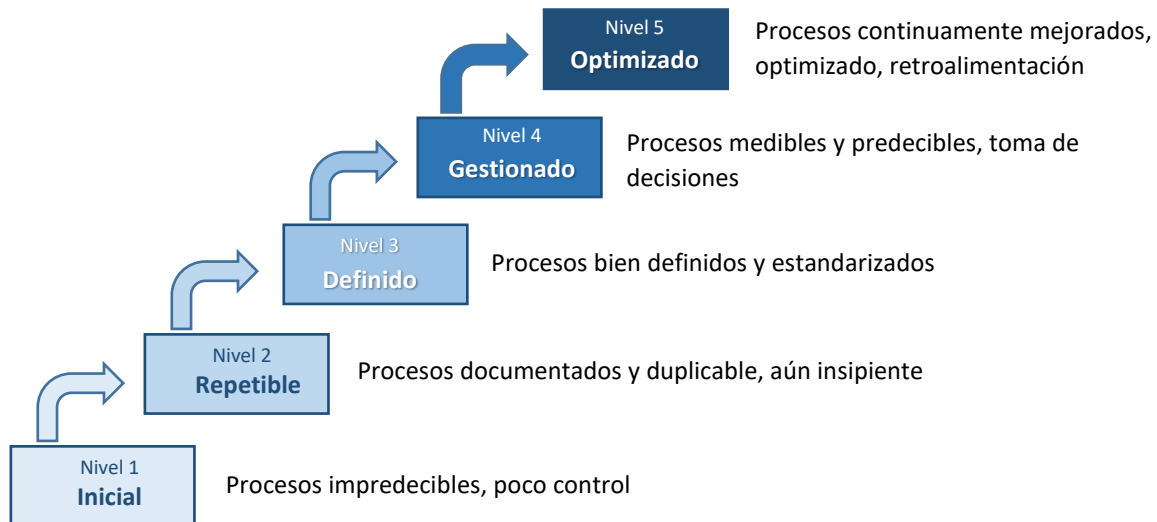


Ilustración 5: Niveles de madurez del Modelo CMMI [Fuente: CMMI Institute]

- **Modelo McCall:** Este modelo fue desarrollado y propuesto en 1970 por John McCall y su equipo en la Universidad de Georgia, Estados Unidos. Para el equipo de McCall, propone la división de la calidad del software en tres categorías de características: operativas, de revisión y de transición. Éstas a la vez se dividen en subcaracterísticas más específicas.

Las características operativas se refieren a la calidad del software en términos de su capacidad para cumplir con los requisitos del usuario y su efectividad en el uso previsto. Las subcaracterísticas de esta categoría incluyen:

- **Corrección:** capacidad del software para realizar sus funciones correctamente y sin errores.
- **Fiabilidad:** capacidad del software para mantener su desempeño durante un período prolongado de tiempo.
- **Eficiencia:** capacidad del software en manejar efectivamente los recursos tecnológicos disponibles para ejecutar sus funciones.

- Seguridad: la capacidad del software de protegerse contra amenazas y mantener la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos.

Las características de revisión se refieren a la calidad del software en términos de su facilidad para ser entendido, modificado, verificado y validado. Las subcaracterísticas de esta categoría incluyen:

- Mantenibilidad: se refiere a la facilidad con la que se pueden realizar cambios en el software.
- Flexibilidad: se refiere a la capacidad del software para adaptarse a cambios en los requisitos.
- Portabilidad: se refiere a la capacidad del software para ejecutarse en diferentes plataformas y entornos.

Las características de transición se refieren a la calidad del software en términos de su capacidad para ser transferido y pueda ser ejecutado en diferentes plataformas. Las subcaracterísticas de esta categoría incluyen:

- Reusabilidad: se refiere a la capacidad del software para ser reutilizado en diferentes proyectos o entornos.
- Interoperabilidad: capacidad del software de compartir información en tiempo real, actualizando los estados en dos o más sistemas en paralelo.
- Compatibilidad: capacidad del software en interactuar con otros software y hardware.

Este modelo proporciona una estructura para evaluar la calidad del software de acuerdo a sus características operativas, de revisión y de transición. Al centrarse en estas tres

categorías el modelo obtiene una evaluación completa y exhaustiva de la calidad del software en diferentes aspectos y áreas clave.

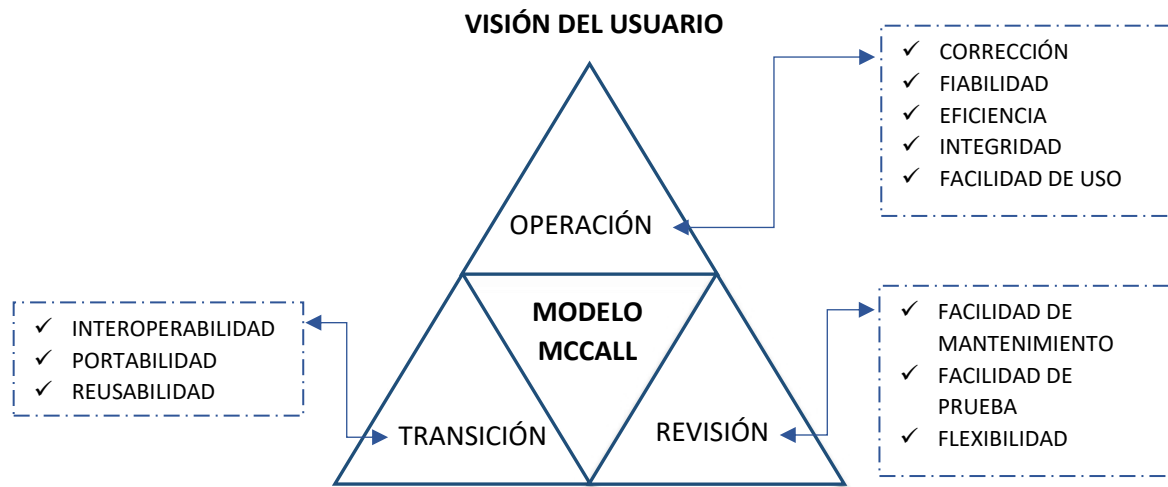


Ilustración 6: Factores de calidad del Modelo McCall [Fuente: (Pressman, 2010)]

- Modelo SPICE (ISO/IEC 15504): *“Software Process Improvement and Capability determination”* o *“Determinación de la Capacidad de Mejora del Proceso de Software”*, es un estándar internacional que es utilizado como referencia para la mejora y evaluación de la madurez de los procesos. El estándar pone a disposición lineamientos para la evaluación de los procesos de software en términos de calidad, eficiencia, eficacia y madurez.

SPICE se compone de dos partes fundamentales: el marco de referencia y el proceso de evaluación. La primera parte pone a disposición una serie de requisitos que deben ser cumplidos por los procesos de software, mientras que la segunda parte establece un conjunto de criterios y métodos para evaluar la capacidad de los procesos de software.

El modelo ISO/IEC 15504 es utilizado en diferentes sectores de una organización, con el fin de evaluar su sistema de calidad en relación a la capacidad en el desarrollo de

procesos de producción de software, la identificación de áreas de mejora y la comparación de procesos entre diferentes organizaciones con objetivos similares.

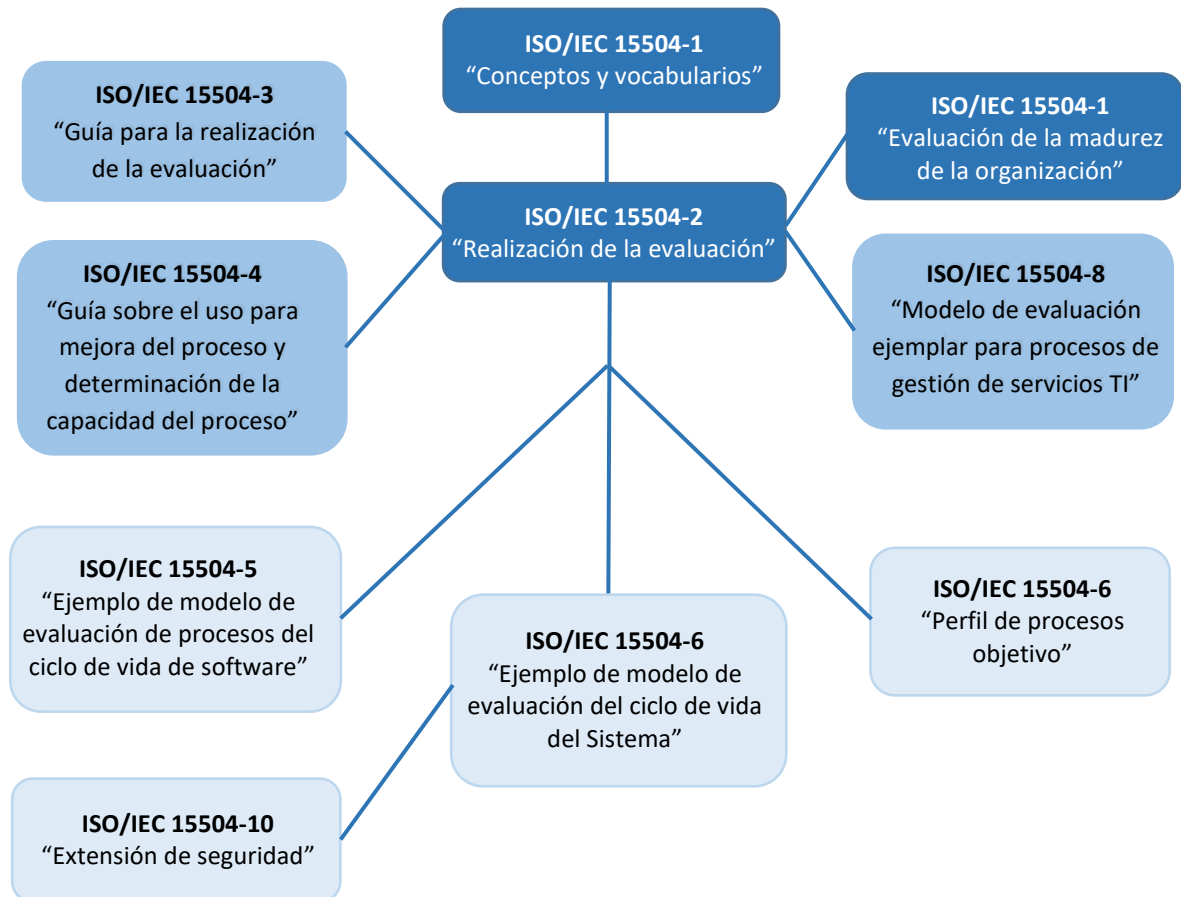


Ilustración 7: Organización de la norma ISO/IEC 15504 – SPICE [Fuente: (Francisco José Pino Correa, 2014, pág. 13)]

En resumen, el modelo ISO/IEC 15504 es un marco de referencia completo y riguroso que tiene como objeto mejorar la calidad y eficacia de los procesos de software de las entidades. Al aplicar los lineamientos y guías establecidas, las entidades se encuentran aptas para mejorar la capacidad de sus procesos y aumentar su madurez en la gestión de procesos de software.

- Modelo SQuaRE (ISO25000, 2014): “*Software Product Quality Requirements and Evaluation*” o “Requisitos y evaluación de calidad del producto de software”, este modelo se presenta como la evolución o unificación de los estándares ISO/IEC 9126 y el ISO/IEC

14598, donde actualiza el modelo de calidad del producto, métricas y su proceso de medición. El modelo SQuaRE, de acuerdo a lo indicado por Andrade “es una familia de normas que tiene por objetivo la creación de un marco de trabajo común para evaluar la calidad del producto de software” (Andrade de Oliveira, 2012), además se enfoca en la evaluación y mejora de la calidad del software, presenta una estructura para la definición de requisitos de calidad y la evaluación de software. SQUARE ha sido propuesto por la “Organización Internacional de Normalización”² (ISO) y la “Comisión Electrotécnica Internacional”³ (IEC) y se divide en seis series:

1. “Gestión de la Calidad de Software” (ISO25000, 2014), los estándares definidos en la presente división precisan y brindan un marco de todos los modelos, términos y referencias que se involucra al resto de divisiones del modelo Square. Se divide en:

- Guía para SQuaRE (ISO25000, 2014): se presenta su arquitectura, su definición, componentes, usuarios y la asociación de toda la serie.

² “Sistema de normalización internacional para productos de áreas diversas” (<https://www.iso.org/>)

³ “Organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas”

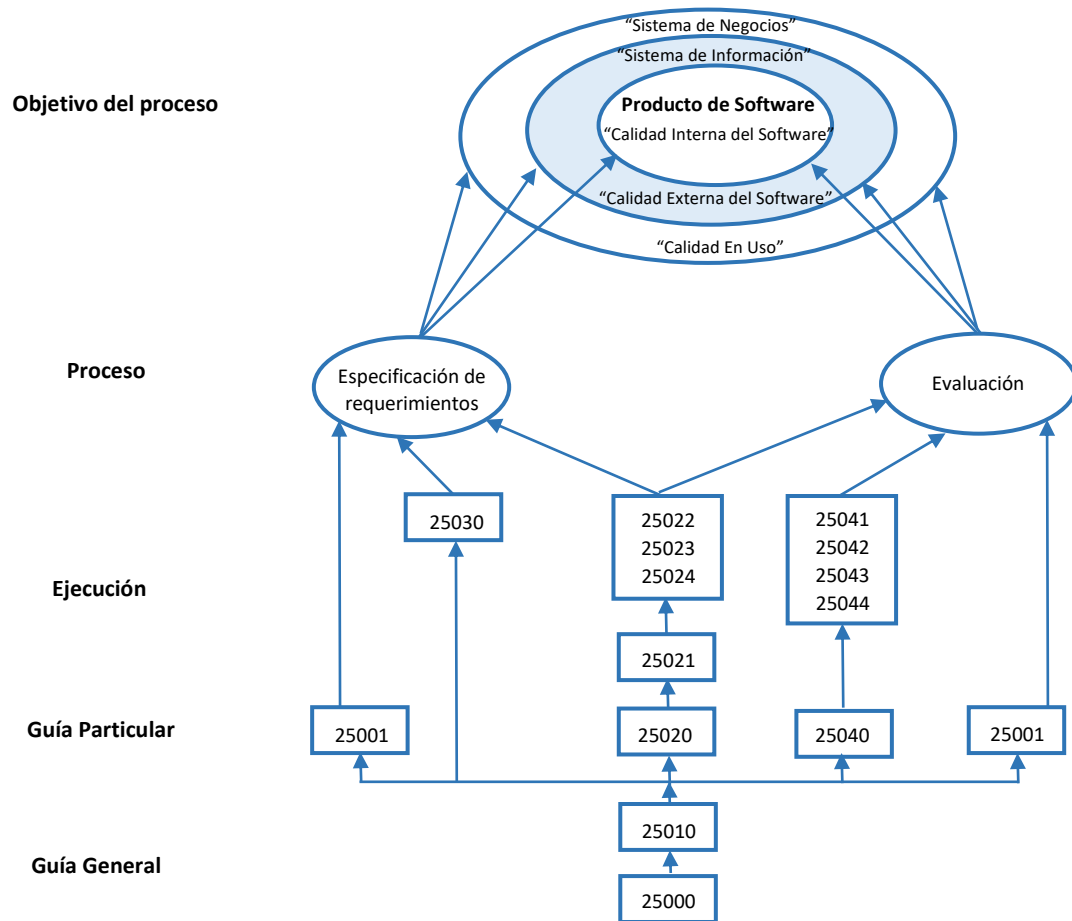


Ilustración 8: Modelo de referencia general SQuaRE [Fuente (ISO25000, 2014)]

- “Planificación y Gestión” (ISO/IEC 25001): Define las orientaciones y recomendaciones para la correcta especificación de requisitos del producto de software.
2. “Modelo de Calidad de Software” (ISO2501n, s.f.): se presenta el estándar como un modelo detallado, que incluye características para la calidad interna, externa y calidad en uso. Se divide en:
- “Modelos de calidad de Software y Sistemas” (ISO-25010, s.f.): Modelo de calidad para el software y calidad en uso, en este apartado se precisan las

características y subcaracterísticas de calidad con las que se evaluará el software.

- “Modelo de Calidad de Datos” (ISO/IEC 25012): Este modelo califica y define los datos que son perdurables, estructurados y que pertenezcan a un sistema de información.

3. “Medida de la Calidad de Software” (ISO2502n, s.f.) en esta división se presenta un modelo que contiene fórmulas numéricas de las métricas de calidad y un manual para su aplicación. Así mismo, se define las métricas para evaluar la calidad, interna, externa y en uso. Se divide en:

- “Guía y Modelo de Referencia para la medición” (ISO/IEC 25020): Tal como se indica, se presenta el concepto teórico y un modelo para la medición de la calidad.
- “Elementos de Medida de Calidad” (ISO/IEC 25021): En este apartado la norma define y detalla las métricas base y complementarias, de las que se pueden crear métricas adicionales, éstas se utilizarán durante el ciclo de desarrollo de software.
- “Medición de Calidad en Uso” (ISO/IEC 25022): En este apartado se definen las métricas para la medición cuantitativa y cualitativa de la calidad en uso del producto. En la Tabla 8 se muestran las métricas de Calidad en Uso utilizadas:

“Métricas de Calidad en uso según ISO/IEC 25022”
“Eficacia”
“Finalización de la tarea”
“Eficacia de la tarea”
“Frecuencia de error”
“Eficiencia”
“Tarea relativa”

“Eficiencia de una tarea relativa”
“Productividad económica relativa”
“Proporción productiva”
“Número relativo de acciones de usuario”
“Satisfacción”
“Utilidad” “Psicometría de la satisfacción del usuario”
“Satisfacción relativa del usuario”
“Uso discrecional”
“Uso discrecional de funciones”
“Proporción de quejas de los clientes”
“Confianza”
“Psicometría de la confianza”
“Placer”
“Placer relativo”
“Comodidad”
“Psicometría de la comodidad”
“Reducción de riesgos”
“Reducción de riesgos financieros”
“Retorno de la inversión relativo”
“Tiempo relativo para alcanzar retorno de la inversión”
“Desempeño relativo del negocio”
“Beneficios relativos de inversiones en TI”
“Tiempo de entrega relativo”
“Elementos faltantes relativos”
“Ingresos relativos por cada cliente”
“Errores con consecuencias económicas”
“Corrupción de software con consecuencias económicas”

“Reducción de riesgos de seguridad y salud”
“Salud del usuario y frecuencia de seguridad”
“Salud relativa del usuario e impacto de seguridad”
“Seguridad de las personas afectadas por el uso del sistema”
“Reducción de riesgos del ambiente”
“Impacto relativo del ambiente”
“Integridad del contexto”
“Integridad del contexto”
“Flexibilidad”
“Contexto de uso flexible”
“Características de diseño flexible”

Tabla 8: “Métricas de Calidad en uso según ISO/IEC 25022” (Fuente: (Mogrovejo, 2014, págs. 22,23,24))

- “Medición de la Calidad del Producto Software y Sistemas” (ISO25023, 2016): En este apartado la norma define las métricas que medirán la calidad de productos de software y sistemas de información.
 - “Medición de la Calidad de Datos” (ISO25024, 2014).
4. “Requisitos de Calidad de Software” (ISO/IEC 2503n), sirve de guía para la especificación de los requisitos de calidad. Que pueden ser utilizados en el proceso de especificación de requisitos de calidad en un producto. Este apartado se guía por lo establecido en la ISO/IEC 15288. Este apartado se compone de: Requerimientos de calidad.
5. “Evaluación de Calidad de Software” (ISO/IEC 2504n), se pone a disposición guías que se considerarán para la evaluación de un producto de software, dichas evaluaciones, de acuerdo a lo considerado, pueden ser realizadas por clientes, evaluadores o desarrolladores de software. Se divide en:

- “Guía y Modelo de referencia de la Evaluación” (ISO25040, iso.org, 2011): En este apartado se pone a disposición entradas, restricciones y recursos que son necesarios para las salidas a evaluar.
 - “Guía de Evaluación para Desarrolladores, Adquirentes y Evaluadores Independientes” (ISO25041, 2012): En este apartado se describe los requisitos para la evaluación del software orientado para los interesados.
 - “Módulos de Evaluación” (ISO25042, s.f.): En ese apartado se obtiene un módulo de documentación, así como la estructura y contenido necesarios en la definición del módulo.
6. División de Extensión SQuaRE (ISO25050-25099, s.f.): Es considerado como extensión ya que en algunas definiciones de la norma ISO/IEC 25000 no está considerada dentro de la familia, sin embargo, es importante definirla y asociarla a las demás ya que es reservada para normas que complementan a la familia SQuaRE.

Es importante señalar que los modelos listados en la lista precedente no son excluyentes entre sí, y se pueden utilizar varios de ellos de manera complementaria para asegurar la calidad de la evaluación que se pretende realizar.

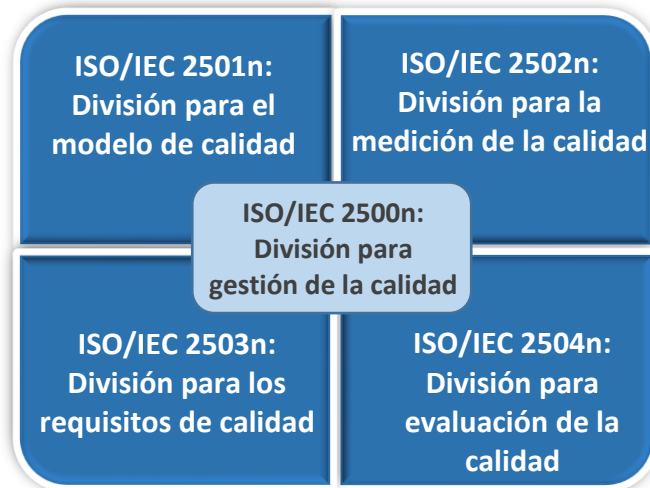


Ilustración 9: Familia de la norma ISO/IEC 25000 [Fuente: (ISO25000, 2014)]

El modelo ISO/IEC 25000 se enfoca en la calidad del ciclo de desarrollo de software, facilitando un marco para la definición de requisitos de calidad de software y la valoración de productos de software. Este modelo tiene una estructura más completa que sus predecesores y se divide en varias partes, incluyendo la norma ISO/IEC 25010 (ISO25010, 2011) que define un conjunto de características de calidad.

De acuerdo a lo mostrado en la Ilustración 04, y la relación del ISO/IEC 9126-1 (“Presentación del modelo de calidad de software”) y el ISO/IEC 14598-1 (“Definición de pautas que ayudan al proceso de evaluación del producto de software”), se interceptan en las categorías de las métricas internas, externas y de calidad en uso; puede traer confusión y duplicidad de conceptos y referencias, por tal motivo la norma ISO/IEC 25000 sincroniza ambos estándares como solución alternativa.

La familia ISO/IEC 25000 abarca todo el proceso de aseguramiento de la calidad de un producto de software, desde la especificación de requisitos durante etapas tempranas del desarrollo hasta la evaluación de calidad del producto final. Todas las series de la norma ISO/IEC 25000 se encuentran relacionadas, por ejemplo: La norma ISO/IEC 25030 (2007) especifica requisitos de calidad al inicio del desarrollo, que toma como base el modelo de calidad propuesto en la norma ISO/IEC 25010. Luego, la evaluación de la calidad es ejecutada

con las normas ISO/IEC 25040 e ISO/IEC 25041, en la ‘Ilustración N° 10’ se describe visualmente la interacción entre “requisito de calidad” y la “evaluación de la calidad” tomando como referencia la serie ISO/IEC 25000.

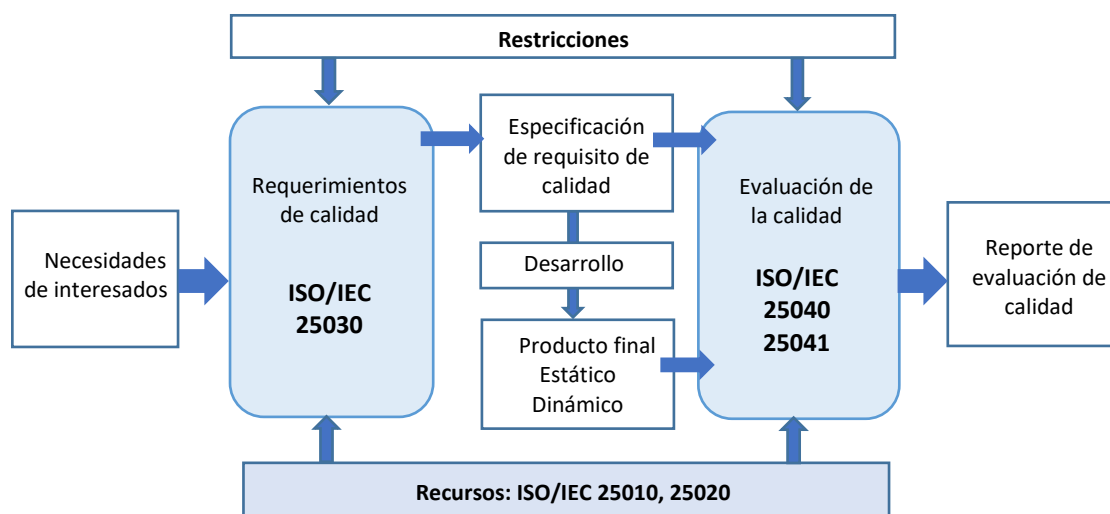


Ilustración 10: “Concepto de requisito de calidad y evaluación de calidad” [Fuente: (Esaki, 2023)]

La calidad del producto de software, de acuerdo a la norma ISO/IEC 25040 (2010) se define como “un conjunto de características y la relación entre ellas”, esto forma la base para la evaluación de la calidad. En la ilustración N° 11 se representa un modelo de calidad de dos niveles, desagregado en características, subcaracterísticas y atributos de calidad; es en la evaluación y cumplimiento de los atributos que influyen directamente en cada subcaracterística y esta influye en las características.

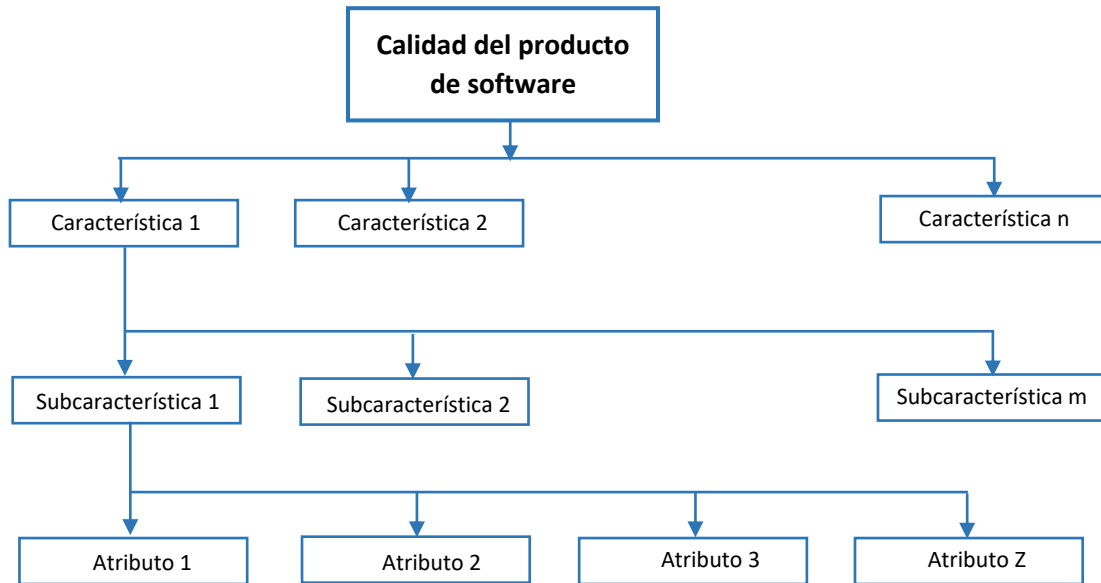


Ilustración 11: “Esquema general de un modelo de calidad del producto” [Fuente: ISO/IEC 25000 (2005)]

Al igual que el modelo ISO/IEC 9126, el modelo de calidad de la serie ISO/IEC 25000 presenta el concepto de calidad en uso, calidad externa y calidad interna. En ese marco es importante referenciar este concepto: *“La calidad del proceso ayuda a mejorar la calidad del producto, y la calidad del producto ayuda a mejorar la calidad en uso. En ese sentido, evaluar y mejorar un proceso influye en la mejora de la calidad del producto, y evaluar y mejorar la calidad del producto influye en la mejora de la calidad en uso. En la misma línea, evaluar la calidad en uso puede facilitar una retroalimentación para mejorar el producto, y evaluando un producto puede facilitar una retroalimentación para mejorar un proceso”* (ISO9126-1, 2001).

Para complementar lo indicado en el párrafo anterior, sobre el marco conceptual del modelo de calidad según la serie ISO/IEC 25000, se muestra el siguiente gráfico como ciclo de vida de la calidad del producto de software donde determinar la calidad en uso, con el soporte de métricas e indicadores, se toma como base para corroborar la calidad externa del software. Las métricas utilizadas para evaluar la calidad en uso valoran el grado de excelencia de un producto de software y tiene como objetivo validar el grado de satisfacción que tiene el producto de software en relación a los requerimientos especificados. Evaluar y medir los

requerimientos de la calidad externa de un producto de software ayuda a validar los requerimientos de la calidad interna. De igual forma, evaluar y medir la calidad interna del producto de software es un prerequisite para alcanzar la calidad externa requerida, y cumplir con los atributos externos requeridos del producto de software es un prerequisite para lograr la calidad en uso.

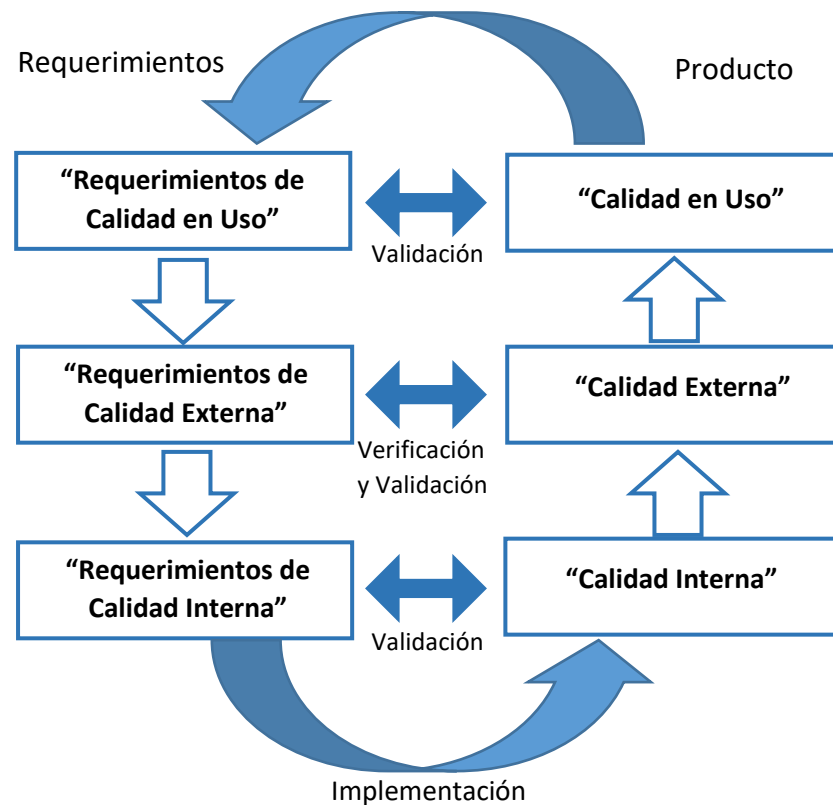


Ilustración 12: “Modelo del ciclo de vida de calidad del producto software” [Fuente: ISO/IEC 25000 (2005)]

Preliminarmente, se ha definido el concepto de la calidad interna, calidad externa y calidad en uso. Ahora, tomando en cuenta el detalle en la definición de la serie ISO/IEC 25000 se agrupan en dos modelos, el primero referido a la calidad interna y externa, y el segundo modelo referido a la calidad en uso:

- Calidad interna y externa

Al igual que la norma ISO/IEC 9126-1:2001, la norma ISO/IEC 25010 define la calidad externa como *“la totalidad de las características del producto software desde una perspectiva externa. Es la calidad cuando el software es ejecutado, la cual es típicamente medida y evaluada mientras se prueba en un ambiente simulado con datos simulados y usando métricas externas. Durante las pruebas, muchas fallas serán descubiertas y eliminadas. Sin embargo, algunas fallas todavía pueden permanecer después de las pruebas. Como es difícil corregir la arquitectura de software u otros aspectos fundamentales del diseño del software, el diseño fundamental permanece sin cambios a través de las pruebas”* (ISO 9126-1, 2001).

Y la calidad interna, también definido en la norma ISO/IEC 9126-1:2001 y ISO/IEC 25010, como *“la totalidad de las características del producto software desde una perspectiva interna. La calidad interna es medida y evaluada en base a los requerimientos de calidad interna. Los detalles de la calidad del producto software pueden ser mejorados durante la implementación, revisión y prueba del código software, pero la naturaleza fundamental de la calidad del producto software representada por la calidad interna permanece sin cambios a menos que sea rediseñado”* (ISO 9126-1, 2001).

En la siguiente ilustración se visualiza el modelo de calidad, tanto interna como externa, donde se relaciona a ocho características (ISO-25010, s.f.).

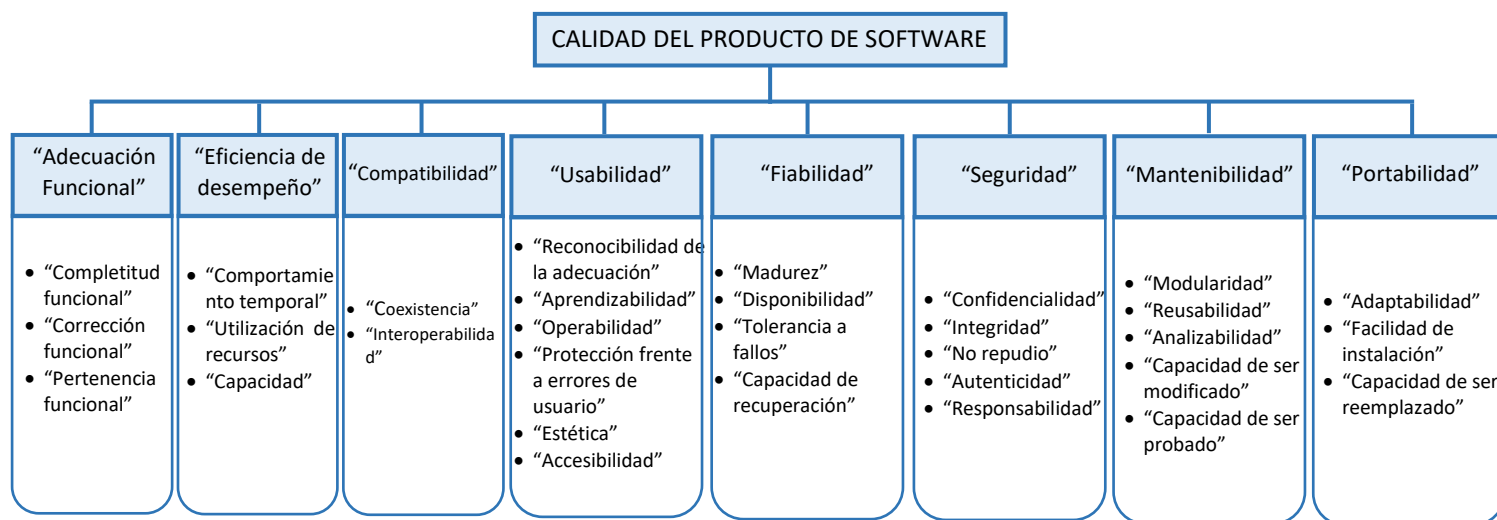


Ilustración 13: "Modelo de calidad de producto según ISO/IEC 25010 "[Fuente: (ISO-25010, s.f.)]

Tanto la norma ISO/IEC 25000 como la ISO 9126, en su segunda parte, definen "un conjunto de métricas externas que permiten evaluar la calidad del producto de software durante la prueba, sin asignar rangos de valores a las métricas que propone, ya que son específicas para cada producto, en dependencia de su categoría, nivel de integridad y necesidad del usuario final" (ONN, 2005)

Con el fin de agilizar la evaluación propuesta, solo se tendrán en cuenta las métricas asociadas a la característica de adecuación funcional, de acuerdo a lo indicado por Rahman es una característica que representa el "grado en que un producto o sistema proporciona funciones que satisfacen las necesidades establecidas e implícitas cuando se usa en condiciones específicas" (Rahman, 2020); en la presente investigación se abordará la sub característica: Compleitud funcional.

- Calidad en uso

Conforme a lo indicado en la norma ISO/IEC 25010, que define la calidad en uso como la representación que tiene el usuario de la calidad del producto de software, utilizado en un ambiente adecuado con las condiciones necesarias para simular su real operación. Es decir, la calidad en uso mide la consecución de objetivos de los usuarios

utilizando el producto de software en un ambiente en particular. En la presente investigación se ha considerado personal técnico, ambiente adecuado y la identificación de subcaracterísticas más relevantes del Sistema de Gestión Académica Universitaria.

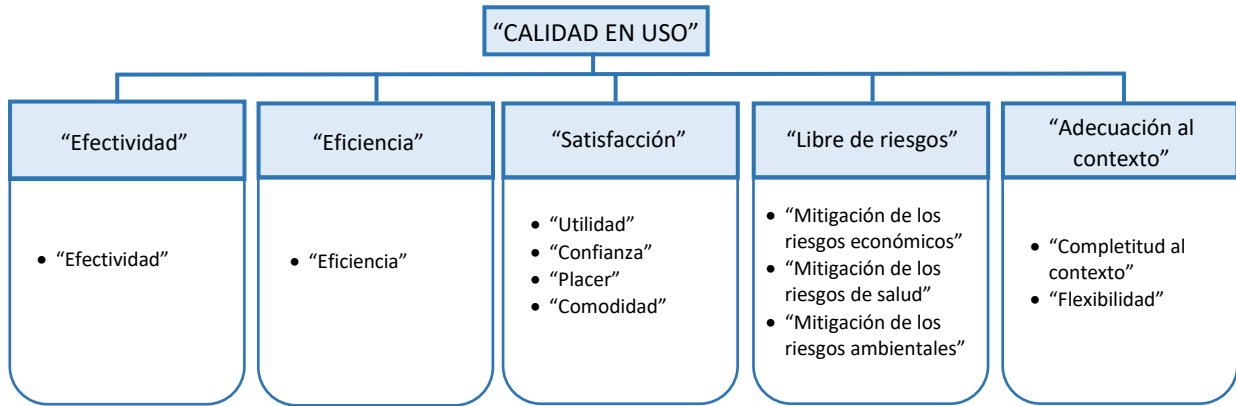


Ilustración 14: “Modelo de Calidad en Uso del producto de software” [Fuente: (ISO-25010, s.f.)]

Las definiciones de las características de calidad en uso según la ISO/IEC 25010 son:

“Característica”	“Definición”
“Eficacia”	“La precisión y exhaustividad con la que los usuarios logran los objetivos específicos.”
“Eficiencia”	“Recursos empleados en relación con la exactitud y la exhaustividad con la que los usuarios logran metas.”
“Satisfacción”	“Grado en que se satisfacen las necesidades del usuario cuando se utiliza un sistema en un contexto de uso especificado.”
“Libertad de riesgo”	“Grado en que un sistema reduce el riesgo de la situación económica, la vida humana, la salud o el medio ambiente.”
“Cobertura del contexto”	“Grado en que un sistema puede ser utilizado con eficacia, la eficiencia, la libertad de riesgo y la satisfacción en contextos de uso específico y en contextos más allá de los identificados inicialmente de forma explícita.”

Tabla 9: “Definición de características de Calidad en Uso” (Fuente: (Mogrovejo, 2014))

Por otro lado, es pertinente diferenciar la Calidad en Uso con la Usabilidad, que al parecer son conceptos similares en el ámbito de desarrollo de software. Una de las referencias a destacar es al concepto de usabilidad de Jakob Nielsen, experto en usabilidad y autoridad en la materia: *“Usabilidad es la medida en la cual un producto puede ser usado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado”* (Nielsen, 2006), en esa línea se define la usabilidad a partir de diversos criterios de medición:

- Facilidad de aprendizaje
- Eficiencia de uso
- Facilidad de memorización
- Errores
- Satisfacción

En relación a la calidad en desarrollo de software en los estándares internacionales, la usabilidad es considerada una característica de calidad y admite su valoración a partir de un conjunto de atributos del producto de software. Es decir, la Calidad en Uso y Usabilidad comparten semejanzas destacables, ya que ambas se consideran una característica de calidad con atributos que se pueden medir.

En la serie ISO/IEC 25010 se define la usabilidad como la *“Capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones”* (ISO25010, 2011). Esta característica se subdivide a su vez en las siguientes subcaracterísticas:

- Reconocibilidad de la adecuación
- Aprendizabilidad
- Operabilidad
- Protección contra errores de usuario
- Estética de la interfaz de usuario
- Accesibilidad

Finalmente, presentadas las Normas de Calidad ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598 e ISO/IEC 25000 es importante presentar la división interna y correlación de las tres de manera integrada:

“Norma ISO/IEC 9126 – Calidad de Producto” “Norma ISO/IEC 14598 – Evaluación del Producto de Software”	“Norma ISO/IEC 25000 – SQuaRE”
○ “ISO/IEC 9126-1 - Modelo de Calidad”	○ “ISO/IEC 25000 – Guía de SQuaRE” ○ “ISO/IEC 25010 – Modelos de Calidad del Software y Sistemas” ○ “ISO/IEC 25020 – Guía y Modelo de Referencia de Mediciones”
○ “ISO/IEC 9126-2: - Métricas Externas” ○ “ISO/IEC 9126-3 – Métricas Internas”	○ “ISO/IEC 25020 – Guía y Modelo de Referencia de Mediciones” ○ “ISO/IEC 25021 - Elementos de métricas de Calidad” ○ “ISO/IEC 25023 – Métricas de Calidad del Producto y Sistema de Software”
○ “ISO/IEC 9126-4 - Métricas de Calidad en Uso”	○ “ISO/IEC 25020 – Guía y Modelo de Referencia de Mediciones” ○ “ISO/IEC 25022 – Métricas de Calidad en Uso”
○ “ISO/IEC 14598-1 - Descripción General”	○ “ISO/IEC 25000 – Guía de SQuaRE” ○ “ISO/IEC 25040 – Guía y Modelo de Referencia de la Evaluación”
○ “ISO/IEC 14598-2 - Planificación y Gestión2	○ “ISO/IEC 25001 – Planificación y Administración”
○ “ISO/IEC 14598-3 – Proceso para Desarrolladores” ○ “ISO/IEC 14598-4 – Proceso para Compradores” ○ “ISO/IEC 14598-5 – Proceso para Evaluadores”	○ “ISO/IEC 25041 – Guía de Evaluación para los desarrolladores, compradores y evaluadores independientes”
○ “ISO/IEC 14598-6 - Documentación de los Módulos de Evaluación”	○ “ISO/IEC 25042 – Módulos de Evaluación”

Tabla 9: Correlación entre las normas ISO/IEC: 9126, 14598 y 25000

3. CAPÍTULO III. ESTADO DEL ARTE

En el presente apartado se presentan casos de estudios que cuentan con alguna coincidencia con el presente trabajo de investigación, se describirá a través de una síntesis de cada caso referenciado, objetivo, metodología utilizada, resultados obtenidos y conclusiones. Todo ello definirá el contexto y enfoque de esta presentación.

3.1. Investigaciones Nacionales

3.1.1. “Aplicación de métricas de calidad en uso utilizando la ISO 9126 para determinar el grado de satisfacción del Sistema Único de Matrícula” (Dominguez, 2016)

- **Objeto:** De acuerdo a lo sustentado por el autor Domínguez: “Aplicar el uso del estándar ISO/IEC 9126 de Calidad de Software, para evaluar la Calidad en Uso del Sistema Único de Matrícula de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)” (Dominguez, 2016, pág. 16), con el fin de alcanzar mayores niveles de madurez se evalúa la eficacia, eficiencia y satisfacción del SUM.
- **Metodología utilizada:** Para definir los criterios a evaluar del SUM, Domínguez ha considerado ocho factores presentados en la norma ISO/IEC 9126-4: (1) Tolerancia de errores, (2) Exactitud, (3) Facilidad de auditoría, (4) Eficiencia de ejecución, (5) Independencia del hardware, (6) Operatividad o facilidad de operación, (7) Simplicidad y (8) Facilidad de formación. (Dominguez, 2016, pág. 60)

Estos factores, de acuerdo al criterio del autor, evaluarán el grado de impacto para evaluar la calidad de uso del SUM, el peso se visualiza en la siguiente ilustración:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Peso	20%	15%	15%	10%	5%	20%	10%	5%
Total	100%							

Ilustración 15: “Grado en Calidad de Uso para el Sistema Único de Matrícula” [Fuente: (Dominguez, 2016)]

Luego, realiza una comparación entre las normas ISO/IEC 9126 y la ISO/IEC 25000 considerando que la segunda norma “SQUARE se encuentra orientado a las empresas con su propio centro de desarrollo de software: Controlar y mejorar la calidad de sus productos, identificar características para asegurar un nivel de calidad comparativo con los de la competencia (...)” (Dominguez, 2016, pág. 64) y a renglón seguido, sobre la norma SQUARE indica “Un beneficio del uso de este estándar es conocer la calidad del producto que compra la empresa. Permite manejar y acordar el nivel que deben tener los servicios, minimizando los fallos que se identifican día a día, que influye directamente en costes finales a la universidad.” (Dominguez, 2016, pág. 64)

El autor realiza un análisis de beneficio, luego de la comparación entre las normas ISO/IEC 9126 y la ISO/IEC 25000, y selecciona para su investigación la ISO/IEC 9126.

Para complementar la norma a utilizar, Domínguez selecciona la metodología WebQEM (Olsina & Rossi, 2002) en conjunto con las actividades definidas en la norma ISO/IEC 9126 y en cuatro fases espera: (1) Definir tareas y usuarios, (2) Determinar atributos y métricas de calidad, (3) Evaluar atributos de calidad y (4) Análisis de resultados obtenidos (Dominguez, 2016, pág. 69). Las tareas a evaluar y los perfiles evaluadores se presentan en el siguiente cuadro:

No Tarea	Tareas	Alumno	Director Académ.	Administrativo
1	Obtener Historial Académico	X		
2	Obtener Reporte de Matricula	X		
3	Realizar Matricula vía web	X		
4	Actas de Notas por Curso			X
5	Resumen de Actas por Periodo Académico		X	X
6	Historial de Situación Académica y Permanencia por Alumno		X	X
7	Listado de Alumnos Observados		X	X
8	Listado de Alumnos Permanentes		X	X
9	Relación de Graduados y Titulados		X	X
10	Estadística: Alumnos Matriculados según Periodo Académico		X	X

Ilustración 16: Trazabilidad entre Tareas y Perfiles [Fuente: Domínguez, 2016]

Con las tareas seleccionadas, el autor definió las métricas de eficacia, eficiencia y satisfacción, además de sus indicadores y grados de cumplimiento (no satisfactorio, marginal y satisfactorio).

Las encuestas de satisfacción se tomaron de una muestra de treinta y nueve (39) personas, nueve administrativos y treinta estudiantes de la casa de estudios, finalmente de las diez tareas propuestas en la ilustración N° 16, solo se consideraron siete tareas.

- **Resultados:** Luego de preparar un ambiente donde los estudiantes y personal administrativo de la Universidad Nacional de San Marcos ejecutó las siete tareas propuestas se cuenta con los siguientes resultados:
 - Luego de la evaluación de la eficacia el resultado promedio fue de 0.8911 que se puede desprender que un 89.11% de tareas fuer realizadas exitosamente.
 - Sobre la eficiencia evaluada el resultado promedio fue de 0.8768, por lo que se determinó que el sistema es eficiente al 87.68%.
 - Tras la evaluación para conocer la satisfacción el resultado promedio fue de 0.7936, lo cual indica que la métrica al 76.19% es regular(marginal).
 - En resumen, luego de trasladar la evaluación a una matriz se obtienen los resultados en relación a la Calidad en Uso del SUM: Nivel de eficacia (satisfecho con 89.11%), nivel de eficiencia (regular con 77.7%) y nivel de satisfacción (regular con 75.48%)
- **Conclusiones:** Luego de la evaluación al SUM se concluye:
 - De acuerdo a los resultados obtenidos, en general, los usuarios encuestados evidenciaron eficacia en el uso del software de Gestión de Matrícula, como es una herramienta que ven día a día, las rutas y tareas propuestas se cumplen sin demoras.

- De acuerdo a los resultados obtenidos de la calidad en uso, en relación a la eficiencia y satisfacción, hay puntos por mejorar. El trabajo finalmente recomienda adicionar compromiso de las autoridades de la universidad en brindar información y considerar la base realizada en los trabajos futuros desarrollador en el Sistema de Matrícula.
- La evaluación de la calidad en uso se realizó de manera dispersa, por la disponibilidad del personal administrativo, en diferentes momentos y a un software que ha estado en producción muchos años, por lo que se desprende que todos los usuarios están familiarizados con su uso, esto pudo impactar en la evaluación propuesta ya que las rutas para cumplir las tareas eran conocidas.

3.1.2. “Definición y evaluación de un modelo de calidad en uso para la agenda de la intranet de la Universidad Lim-Rho basado en la familia de normas ISO/IEC 25000” (Galán Valdez, 2022)

- **Objeto:** El tesista Galán propone el desarrollo de un modelo de calidad y evaluar la calidad en uso para la agenda de la Intranet de la Universidad Lim-Rho aplicando la familia de normas ISO/IEC 25000 (Galán Valdez, 2022, pág. 6).
- **Metodología utilizada:** A través de un grupo nominal y el juicio de expertos (usuarios con más de tres años de uso de la Intranet) se seleccionó las características y subcaracterísticas que se aplicaron en su investigación (norma ISO/IEC 25010), además de la escala del grado de importancia de cada característica, obteniendo la siguiente selección:

Tercio	Características y sub-características
Primer tercio	Utilidad, Eficacia y Eficiencia
Segundo tercio	Confianza, Completitud del contexto, Flexibilidad y Placer
Tercer tercio	Mitigación de riesgos del entorno, Mitigación de riesgo de salud y seguridad física, Mitigación de riesgo económico y comodidad

Ilustración 17: Selección de características y subcaracterísticas [Fuente: Galán Valdez, 2022]

Las características que se evaluaron en el trabajo de investigación son las que pertenecen al primer y segundo tercio en relación a la priorización y la importancia de los expertos seleccionados. Los atributos y métricas que se utilizaron en la investigación corresponden a la norma internacional ISO/IEC 25022:

- La eficacia: esta característica se refiere a las tareas propuestas que se completen y cuenten con resultados correctos
- La eficiencia: esta característica mide la totalidad de recursos utilizados para finalizar una tarea (tiempo, ratio de productividad y acciones innecesarias).
- La satisfacción: la estrategia para medir esta característica se basa en el uso de dos cuestionarios, “The Post-Study System Usability Questionnaire” (PSSUQ) donde se evaluaron once (11) tareas y el cuestionario “After Scenario Questionnaire” (ASQ).

Para la ejecución de las actividades propuestas en la evaluación se reunieron presencialmente seis participantes en un ambiente adecuado con equipos tecnológicos similares, siguiendo un esquema adecuado y protocolar se iniciaron las actividades de evaluación.

- **Resultados:** La investigación desagrega los resultados por atributos y realiza el análisis individualmente, el cual se resume:
 - Sobre la eficacia evaluada el 91% ha completado las tareas sin ayuda técnica.
 - Sobre los errores en una tarea los seis participantes obtuvieron el mismo puntaje (0.091)
 - El tiempo promedio en completar cada tarea es de 159 segundos.

- El promedio de acciones innecesarias es de 0.044, de acuerdo al análisis, “se tuvo que realizar muy pocas acciones innecesarias para poder lograr completar una tarea”
 - En relación a la satisfacción se obtuvo un valor promedio de 5.138 de una escala de 7, lo cual se desprende que “usar la agenda es sencillo”.
 - Sobre la utilidad los seis participantes tienen un promedio de 4.5 de siete, lo cual es una utilidad promedio.
- **Conclusiones:** El trabajo de investigación concluye:
 - Determinación e identificación de las características, subcaracterísticas y métricas de calidad a evaluar en el software basado en la norma ISO/IEC 25010 a través de un juicio de expertos.
 - Uso de cuestionarios completado por seis usuarios que permitió la evaluación del nivel de satisfacción del sistema Intranet basado en la norma internacional ISO/IEC 25022.
 - El trabajo de investigación precisa que algunos usuarios declararon “no saber exactamente como proseguir para completar las tareas asignadas; sin embargo, por su experiencia con productos de software, lograron intuir como deberían continuar para completar su tarea con éxito” (Galán Valdez, 2022, pág. 47). Esta observación nos indica que los usuarios necesariamente deben tener experiencia con productos de software similares.

3.1.3. “Aplicación del Estándar ISO/IEC 25000 para la Estimación de la Calidad en Uso del Sistema Académico Galileo Asistente de la Universidad Nacional del Centro del Perú” (Mamani López, 2019)

- **Objeto:** El tesista Mamani sustenta “estimar la calidad en Uso del Sistema Académico Galileo Asistente de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) basado en el estándar ISO/IEC 25000” (Mamani López, 2019, pág. 7), así como determinar la eficacia, eficiencia y satisfacción.

- **Metodología utilizada:** El trabajo de investigación se define como tipo aplicada con un nivel de investigación descriptivo y como principal medio de verificación la evaluación de la calidad en uso del Sistema Académico Galileo Asistente de la UNCP. Por la orientación de la recolección de datos se define la muestra de veintitrés (23) personas que cuentan con cargos administrativos y académicos en la Sede Principal de la UNCP.

Acorde al proceso de evaluación de la calidad de software en el ISO/IEC 25040, Mamani define cinco actividades y subactividades que utilizará: “Establecer los requisitos de la evaluación, especificar la evaluación, diseñar la evaluación, ejecutar la evaluación y concluir la evaluación” (Mamani López, 2019, págs. 32,33,34).

El software a evaluar se encuentra en producción desde el año 2010 y las tareas a evaluar se muestran en la siguiente ilustración:

TAREA		DESCRIPCIÓN
TAREA 1	Actualizar Carga Académica	Tarea realizada cada inicio de periodo académico, consiste en el relacionamiento de cada Curso con sus respectivo(s) Docente(s), así los estudiantes pueden realizar sus pre matrículas.
TAREA 2	Ratificar Matrículas	Consiste en la ratificación de pre matrículas, se controlan la Situación y Condición Iniciales de cada estudiante, los Prerrequisitos y los Créditos totales de los cursos matriculados.
TAREA 3	Obtener Pre Actas y Actas	Confirmación de Pre Actas concernientes al Primer, Segundo y Tercer Consolidado de Evaluación, y de Actas de Notas correspondiente al Ciclo Académico.
TAREA 4	Procesar Primer Consolidado Académico	Consiste en la consolidación de Notas, Asistencia, determinación de la Nota Promocional y Situación y Condición Final de cada estudiante.
TAREA 5	Procesar Segundo Consolidado Académico	Tarea realizada al final del periodo académico, consiste en la consolidación de Notas de Aplazados y determinación de la Situación y Condición Final del estudiante.
TAREA 6	Obtener Hojas de Notas y Record Académico	Impresión de Hojas de Notas y determinación del Orden de Mérito, Quinto y Tercio Superior por semestre y por facultad.

Ilustración 18: Tareas a evaluar en la investigación de la referencia [Fuente: Mamani López, 2019]

Para cada tarea se evaluará las características: Eficacia (ponderación 25%), eficiencia (ponderación 25%) y satisfacción (ponderación 50%) con el mismo nivel de importancia.

En relación a la recopilación de datos se aplicó el uso de cuestionarios dividido en factores de calidad (sistema, información e interfaz); así mismo, se utilizaron fórmulas de promedio en cada sección del cuestionario. Finalmente se estableció la escala de medición donde el resultado mayor a 75% es muy satisfactorio.

Es importante indicar que los encuestados realizaron la medición propuesta desde sus lugares de trabajo y en diferentes momentos.

- **Resultados:** Luego de realizado la evaluación del software por la muestra propuesta y haber completado las encuestas aplicadas, se calculó los promedios

correspondientes a las métricas de calidad en uso, el resumen de la evaluación se presenta en la siguiente ilustración:

CARACTERÍSTICA	MÉTRICA	VALOR OBTENIDO	VALOR PARCIAL	PONDERACIÓN	VALOR FINAL	CALIDAD EN USO DEL SOFTWARE
EFICACIA	Compleitud de la Tarea	0.844				0.840
	Exactitud Procedimental	0.937	0.898	25%	0.225	
	Libertad de Errores	0.913				
EFICIENCIA	Aceptabilidad Temporal	0.902				
	Desarrollo Intuitivo	0.857	0.904	25%	0.226	
	Innecesidad de Ayuda	0.952				
SATISFACCIÓN	Nivel de Satisfacción	0.779	0.779	50%	0.389	

Ilustración 19: Calidad en uso del Sistema Académico Galileo Asistente [Fuente: Mamani, 2019]

- **Conclusiones:** La investigación concluye que:
 - El sistema académico de la UNCP es muy satisfactorio para la eficacia (0.898), eficiencia (0.904) y calidad en uso (0.839).
 - Las hipótesis específicas planteadas en la investigación se han corroborado, no obstante, hay que considerar que la evaluación se ha realizado al personal de la Universidad que ha utilizado el sistema académico previamente. Por lo que se puede concluir que la eficacia y eficiencia, por lo tanto, la calidad en uso se ha afectado beneficiando las hipótesis planteadas.

3.2. Investigaciones Internacionales

3.2.1. “Análisis de Desempeño entre MONGODB y COUCHDB utilizando la norma ISO/IEC 25000” (Narváez, 2020)

- **Objeto:** Comprobar cuál de las bases de datos no relacionales (MongoDB y CouchDB) es más eficiente en relación a los recursos computacionales utilizados considerando el factor eficiencia de desempeño bajo la Norma de calidad ISO/IEC 25000, 25010 y 25023 aplicado a un sistema web GESTIÓN DOCUMENTAL CONAGOPARE.

Características	MongoDB	CouchDB
Desarrollador	MongoDB, Inc	Fundación Apache Software
Lenguaje	C++	Erlang
Modelo de datos	Orientado a documentos (BSON)	Orientado a documentos (JSON)
Interfaz	Usa el protocolo binario y TCP/IP	HTTP / RESTful
Objeto	Contiene colecciones	Contiene documentos
Método de consulta	MapReduce, lenguaje de consulta basado en objetos	MapReduce
Preferencias	Favorece la consistencia	Favorece la disponibilidad

Ilustración 20: MongoDB vs CouchDB. Fuente [Narváez, 2020]

- **Metodología utilizada:** De acuerdo a lo indicado en la investigación de Narváez el trabajo se ajusta a un enfoque cuantitativo de tipo experimental, las pruebas se realizaron con la herramienta *Apache JMeter* para recolectar los datos y para la evaluación de resultados se utilizó la herramienta estadística *IBM SPSS 25* (Narváez, 2020, pág. 4).

Preliminarmente, Narváez analiza el desempeño de ambas bases de datos aplicando dos normas ISO/IEC 25010 (determina las características de calidad del producto de software) e ISO/IEC 25023 (definición de las métricas para realizar la medición de la calidad del producto: Tiempo de respuesta en segundos,

procesamiento CPU, memoria RAM y disco duro en porcentaje), estableciendo un rango en porcentaje que aplica a los niveles de puntuación y grados de satisfacción (Narváez, 2020, pág. 4).

Luego de definirse la característica a evaluar (Eficiencia de desempeño) los autores amplían las siguientes subcaracterísticas: Comportamiento temporal, que incluye a las métricas del tiempo de respuesta y procesador CPU; y utilización de recursos que incluye a las métricas de memoria RAM y disco duro. Finalmente, se definió la ponderación y método para medir la eficiencia de desempeño.

En la investigación, para la construcción del producto se programó requerimientos bajo la metodología ágil de programación extrema (XP) y para la construcción del sistema a evaluar se utilizó el patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC), en resumen, se programó los requerimientos con el diseño y modelado de ambas bases de datos.

- **Resultados:** Para realizar las pruebas de rendimiento de ambas bases de datos NoSQL (MongoDB y CouchDB), Narváez utilizó el mismo equipo portátil con características de gama media donde se ejecutaron trescientos cincuenta y tres (353) sentencias durante seis minutos de acuerdo a la muestra aprobada en el estudio. Con la aplicación de herramientas complementarias (PerfMon), Narváez y los demás autores, monitorearon el rendimiento del procesador, memoria RAM y disco duro. Finalmente, con un software estadístico (Mann Whitney) se logró contrastar los criterios de las muestras independientes, el resultado comprobó que no existe diferencias significativas en ambas bases de datos, tal cual se muestra en la siguiente ilustración

Software	Características	Subcaracterísticas	Métricas	Fórmula	Calidad del Sw	Nivel de Importancia	Valor Obtenido	Parcial en %	Valor con respecto al 100%	Calidad del Sistema	Grado de Satisfacción
MongoDB	Eficiencia de Desempeño	Comportamiento Temporal	Tiempo de Respuesta	$n = \frac{Z^2 \cdot s_{pq}}{c^2}$	Externa	Alto	0,0747s	0,02%	99,98%	94,36%	Muy Satisfactorio
			Procesador CPU				5,07%				
		Utilización de Recursos	Memoria RAM				28,45%	11,26%	88,74%		
			Disco Duro				0,26%				
CouchDB	Eficiencia de Desempeño	Comportamiento Temporal	Tiempo de Respuesta	$n = \frac{Z^2 \cdot s_{pq}}{c^2}$	Externa	Alto	0,007s	0,002%	99,99%	90,84%	Muy Satisfactorio
			Procesador CPU				14,52%				
		Utilización de Recursos	Memoria RAM				40,20%	18,30%	90,84%		
			Disco Duro				0,19%				

Ilustración 21: MATRIZ DE CALIDAD NORMA ISO/IEC 25000 [Fuente: Narváez, 2020]

- **Conclusiones:** Narvaéz y los demás autores determinaron las métricas de eficiencia de desempeño para evaluar ambas bases de datos obteniendo las siguientes diferencias, con este análisis se confirma que la base de datos MongoDB es superior a CouchDB, concluyeron que la eficiencia de desempeño de MongoDB es de 94.36% y CouchDB es de 90.84% (Narváez, 2020, pág. 7).

De los criterios evaluados en la investigación, a pesar que solo difieren por menos de 4%, dos de ellos tienen un alto impacto por el alto nivel de concurrencia proyectado (CPU y RAM); por lo tanto, la base de datos seleccionada es MongoDB.

Con este análisis, utilizando la Norma internacional ISO/IEC 25000 se evaluó la eficiencia de desempeño de dos softwares de base de datos, con las mismas condiciones lógicas y computacionales.

Indicadores	MongoDB	CouchDB	Diferencia
Tiempo de Respuesta	0,074s	0,007s	0,067s
Uso de CPU	5,078%	14,527%	9,449%
Uso de RAM	28,452%	40,203%	11,751%
Uso de DISCO DURO	0,269%	0,198%	0,071%

Ilustración 22: Tiempo de respuesta entre MongoDB y CouchDB. Fuente: [Narváez, 2020]

4. CAPÍTULO IV. APOORTE TEÓRICO

En este capítulo se presenta un marco de desarrollo del problema planteado, proponiendo las fases para evaluar la calidad de los softwares que se presentaron al proceso de adquisición. De acuerdo a los estándares internacionales vigentes se propondrá un proceso de evaluación de calidad de producto y se realizará su evaluación al sistema académico a través de cuatro fases.

En la primera fase se procederá a determinar propósito de la evaluación y la definición de qué requisitos de calidad y partes del producto se evaluarán, además de definir el grupo participante para realizar la evaluación de los diferentes sistemas presentados en el proceso de adquisición, para esto se definirá el perfil de los usuarios y se elegirán los mismos tomando como población el personal técnico de la Unidad Ejecutora y del Ministerio de Educación interesados en la adquisición del software, a continuación se presentarán las tareas a ser evaluadas, se elegirán entre las 10 y 15 tareas más significativas para ser evaluadas, por ejemplo: Registro vía web de un postulante, matrícula de un alumno, extraer el historial académico de un alumno, etc.

En la segunda fase se especificarán los módulos de evaluación, además se identificarán las métricas que se pueden medir para establecer el grado de satisfacción que se cuenta con los sistemas presentados en el proceso de adquisición, finalmente se presentará la matriz integrada de evaluación de la calidad.

La tercera fase corresponde al diseño de la evaluación, presentando las herramientas y técnicas a utilizar para obtener las medidas o métricas especificadas en la segunda fase.

La cuarta corresponde a la ejecución de la evaluación propuesta, en el presente trabajo de investigación se evaluará la Calidad Externa, Calidad Interna y Calidad en uso. Los resultados serán insumos para obtener el resultado Global de la Calidad.

La quinta fase corresponde a la tabulación de los resultados, la revisión de los mismos y la preparación del informe final el cual va a contener los puntajes alcanzados por cada software propuesto de acuerdo a la evaluación de las características de calidad evaluadas.

4.1. Selección y justificación de la tecnología

Teniendo como referencia las Políticas para la Adquisición de Bienes y Obras Financiadadas por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, LA ADQUISICIÓN DE OBRAS Y BIENES, 2011), la cual detalla el proceso para adquirir un producto de software y este calce con los requerimientos de los adquirentes a través del uso de una matriz ponderada con características y subcaracterísticas (por ejemplo lo indicado en la Tabla N° 5), es conveniente complementar la evaluación a través de un modelo normado internacionalmente donde se cuente con una base sólida que evalúe la calidad de un producto software, orientando la evaluación a la calidad interna, calidad externa y nivel de satisfacción de los usuarios.

Para la selección del modelo de calidad de producto a utilizar en la presente investigación es preciso considerar un estudio de análisis entre los modelos y estándares más reconocidos: Modelo McCall, Modelo de Bohem, Modelo de Dromey, Modelo de FURPS, Modelo de SATC, Modelo de C-QM, Modelo de WebQEM, Norma ISO/IEC 9126 y la Norma ISO/IEC 25010; de acuerdo a una investigación donde se realiza un “Análisis comparativo de modelos y estándares para evaluar la calidad del producto de software” los investigadores analizan y determinan, especificando criterios definidos, el modelo que “posee una visión más integradora de la calidad del producto de software” (González Reyes, Andre Ampuero, & Hernández González, 2015), tomando en cuenta que la presente investigación se orienta a una adquisición luego de una comparación de la calidad entre dos o más productos de software, es pertinente contar con un modelo o norma que integre las características y criterios más utilizados.

Para el análisis comparativo de los diez (10) modelos propuestos en el estudio referenciado se listaron dieciocho (18) características que se encuentran y coinciden en los Modelos o Estándares de Calidad de Software, obteniendo la siguiente tabla:

		MODELOS O ESTÁNDARES DE CALIDAD DE SOFTWARE									
N°	CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD	Boehm	Dromey	McCall	FURPS	SATC	C-QM	WebQEM	ISO/IEC 9126	ISO/IEC 25010	SQAE
1	Funcionalidad o Adecuación funcional		X		X	X	X	X	X	X	
2	Usabilidad o Facilidad de uso		X	X	X	X		X	X	X	
3	Integridad o Seguridad			X						X	
4	Corrección, Precisión o Exactitud			X							
5	Confiabilidad o fiabilidad	X	X	X	X			X	X	X	
6	Eficiencia o Rendimiento	X	X	X	X	X		X	X	X	
7	Facilidad de mantenimiento		X	X		X	X		X	X	X
8	Facilidad de prueba	X		X		X					
9	Flexibilidad, mutabilidad, Facilidad de modificación, Facilidad de cambio	X		X							
10	Facilidad de reutilización		X	X			X				X
11	Interoperabilidad			X							
12	Portabilidad o Facilidad de transportación	X	X	X					X	X	X
13	Ingeniería humana	X									
14	Comprensibilidad, Facilidad de entendimiento, Descripción o Pertinencia del reconocimiento	X									
15	Soporte o Facilidad de soporte				X						
16	Compatibilidad									X	
17	Conformidad						X				
18	Capacidad de evolución o Capacidad de ampliación										X
TOTAL		7	7	11	5	5	4	4	6	8	4

Tabla 10: "Características de calidad cubiertas por los modelos y estándares de calidad a nivel de producto. Fuente: (González Reyes, Andre Ampuero, & Hernández González, 2015, pág. 46)

Luego del análisis de características generales (Tabla N° 10), donde los cuatro primeros modelos/estándar con más características son: McCall (11), ISO/IEC 25010 (8), Boehm (7), Dromey (7) e ISO/IEC 9126 (6), la investigación que se referencia también realiza el análisis comparativo a nivel de subcaracterísticas de calidad, donde se amplía el análisis; además, el estudio adiciona nueve criterios que añaden valor a cada modelo y estándar comparado. El trabajo concluye indicando lo siguiente:

- Las características de calidad del producto de software más usada por los modelos evaluados son: la eficiencia, la confiabilidad, la facilidad de mantenimiento, la funcionalidad, la usabilidad y la portabilidad.
- Los modelos más integradores son la Norma ISO/IEC 9126 y Norma ISO/IEC 25010: “Ambas contemplan la separación de los elementos internos y externos y son estándares mixtos y evalúan la calidad interna, externa y en uso” (González Reyes, Andre Ampuero, & Hernández González, 2015, pág. 49)
- El punto medular de la investigación y análisis comparativo es la siguiente afirmación: *“Como resultado del análisis del estudio comparativo se concluye que los estándares más completos son la ISO/ IEC 9126 y 25010, pues son estándares mixtos, con un propósito general-reutilizable, con aplicabilidad en casi todo tipo de proyecto, capaces de evaluar la calidad interna, externa y en uso. Además, abarcan las características de calidad más utilizadas: confiabilidad, eficiencia, facilidad de mantenimiento, funcionalidad, usabilidad y portabilidad. También, contemplan las subcaracterísticas más empleadas: la precisión, la tolerancia ante fallos, el rendimiento, la seguridad, la consistencia, la completitud funcional, la comprensibilidad, la documentación interna, la documentación externa, la utilización de recursos, la modularidad, la idoneidad, la facilidad de recuperación, la adaptabilidad, la facilidad de operación, la atracción, la accesibilidad, la estabilidad, la madurez, la flexibilidad, la facilidad de diagnóstico y la capacidad de ampliación. De ellas, la ISO/IEC 9126 posee el 64% y la 25010 el 81%”* (González Reyes, Andre Ampuero, & Hernández González, 2015, pág. 51)

Con este sustento, la aplicación de la norma ISO/IEC 25000n, que resulta de la mejora de la norma ISO/IEC 9126 y la ISO/IEC 14598, nos da el marco necesario para sustentar la adquisición de un software desarrollado, que fue evaluado en un ambiente adecuado y el personal técnico de todas las áreas involucradas en su uso (Comité de evaluación, Unidad Ejecutora, Ministerio de Educación y Universidades).

Esta propuesta, se espera pueda dejar un precedente de adquisición de software desarrollado a medida, no solo para asegurar los recursos del Estado y su correcto uso, sino

que permita tener una base de aceptación de las personas que gestionarán y fomentarán su uso.

4.2. Metodología a seguir

4.2.1. Modelos de proceso de evaluación

En la sección 2.4 Relación entre los modelos de evaluación de la calidad: ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598 se presenta las coincidencias de ambos modelos, ambos modelos se pueden adaptar a distintas necesidades del proceso de evaluación de calidad del software, ya que presentan un marco genérico a aplicar. No obstante, ambos tienen dos modelos de proceso de evaluación que es importante referenciar en la presente investigación, los dos modelos coadyuvaron a establecer la etapa de proceso de evaluación de la Norma ISO/IEC 25040:

4.2.1.1. Modelo de la Norma ISO/IEC 9126

El estándar internacional ISO/IEC 9126 para la evaluación de la calidad de productos de software fue publicado en el año 1992 con el nombre *“Information technology-Software product evaluation: Quality characteristics and guidelines for their use”*, como ya se ha mencionado, describe características de calidad de productos: Externa, interna y calidad en uso. En la siguiente imagen se presenta el esquema de proceso de evaluación.

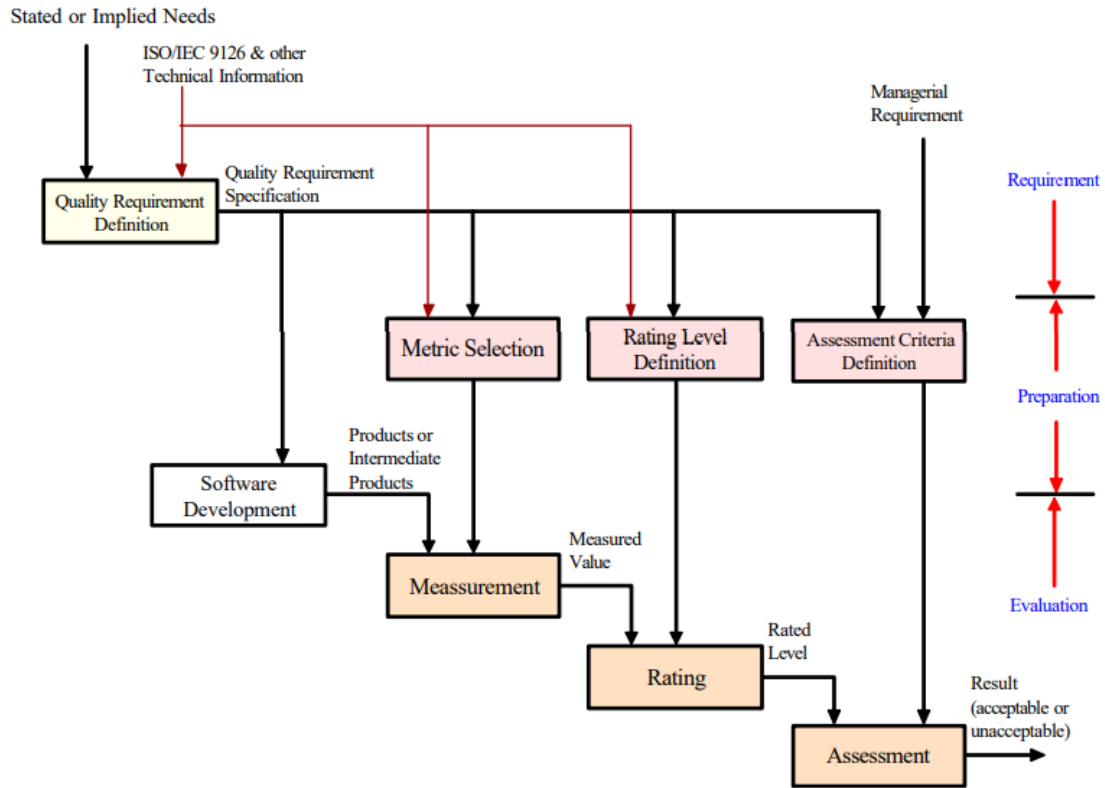


Ilustración 23: “Modelo de proceso de evaluación” [Fuente: ISO/IEC 9126 pp. 6-8]

A la derecha de la imagen anterior, enmarcadas por las flechas rojas se puede trazar dos líneas imaginarias horizontales que representan las etapas fundamentales del modelo:

- *Requirement*: “Definición de requerimientos de calidad”
- *Preparation*: “Preparación de la evaluación”
- *Evaluation*: “Procedimiento de evaluación”

En las siguientes tablas se detalla las etapas con sus respectivos pasos propuestos:

“DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS DE CALIDAD”
De acuerdo con el gráfico corresponde el cuadro <i>Quality Requirement Definition</i> , en esta etapa se especifican los requerimientos, características y subcaracterísticas descritas en el estándar. De acuerdo con lo especificado se obtendrá los requisitos de calidad a evaluar en el producto de software (<i>Software development</i>).

Tabla 11: Definición de requerimientos de calidad (Fuente: ISO/IEC 9126)

"PREPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN"	
En esta etapa que inicia la Preparación (<i>Preparation</i>) se especifican tres actividades generales: 1) "Selección de métricas de calidad (<i>Metric Selection</i>)"; 2) "Definición de los niveles de puntaje (<i>Rating level definition</i>)"; y 3) "Definición de los criterios de valoración (<i>Assessment criterio definition</i>)"	
Selección de métricas de calidad	En esta primera actividad los evaluadores proponen y seleccionan métricas basadas en el árbol definido en la evaluación con las características, subcaracterísticas.
Definición de los niveles de puntaje	En la segunda actividad se especifican los niveles de satisfacción, a través de un rango de una escala con grados definidos que cumplen o no cumplen con la métrica evaluada.
Definición de los criterios de valoración	En la tercera actividad los evaluadores, en conjunto con los adquirentes interesados o características técnicas requeridas, definen procedimientos para obtener los resultados de las diferentes características, en esta actividad se puede incluir otros aspectos como tiempo y costos de la evaluación.

Tabla 12: Preparación de la evaluación (Fuente: ISO/IEC 9126)

“PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN”	
En el presente apartado se especifican tres pasos generales: 1) Medición (<i>Measurement</i>); 2) Puntaje (<i>Rating</i>), y 3) Valoración (<i>Assessment</i>).	
Medición	En este paso se aplica las métricas seleccionadas a evaluar en el software, lo que se obtiene es un valor en la escala de medición definida preliminarmente.
Puntaje	El evaluador determina el nivel de puntaje o grado de satisfacción.
Valoración	En esta última actividad del modelo brinda como resultado la declaración de la calidad del producto de software evaluado.

Tabla 13: Procedimiento de evaluación (Fuente: ISO/IEC 9126)

Como se puede apreciar, en las etapas descritas en los cuadros del modelo de la Norma ISO/IEC 9126 no contiene actividades de planificación, análisis, validación, conclusiones ni cierre.

4.2.1.2. Modelo de la Norma ISO/IEC 14598

Como se mencionó preliminarmente la Norma ISO/IEC 14598, y de acuerdo al contexto de la presente investigación, se orienta a adquirentes y evaluadores, por tal motivo se describe el “proceso para evaluadores de productos de software” (ISO/IEC 14598-5), este modelo presenta un conjunto de subprocesos, que complementa al modelo de calidad definido en el estándar ISO/IEC 9126, ya que especifica, planifica, ejecuta la evaluación y obtiene conclusiones o recomendaciones al software evaluado.

La fortaleza de este modelo para el proceso de evaluación, es que identifica todos los interesados en el proceso: Usuarios de software (solicitante) y evaluador. En ese sentido, en este modelo el proceso de evaluación describe las tareas e interacciones que tienen ambas partes, desde el establecimiento de requerimientos hasta la conclusión de la evaluación. El proceso de evaluación del estándar ISO/IEC 14598 abarca cinco subprocesos, con entradas y salidas de acuerdo al siguiente gráfico:

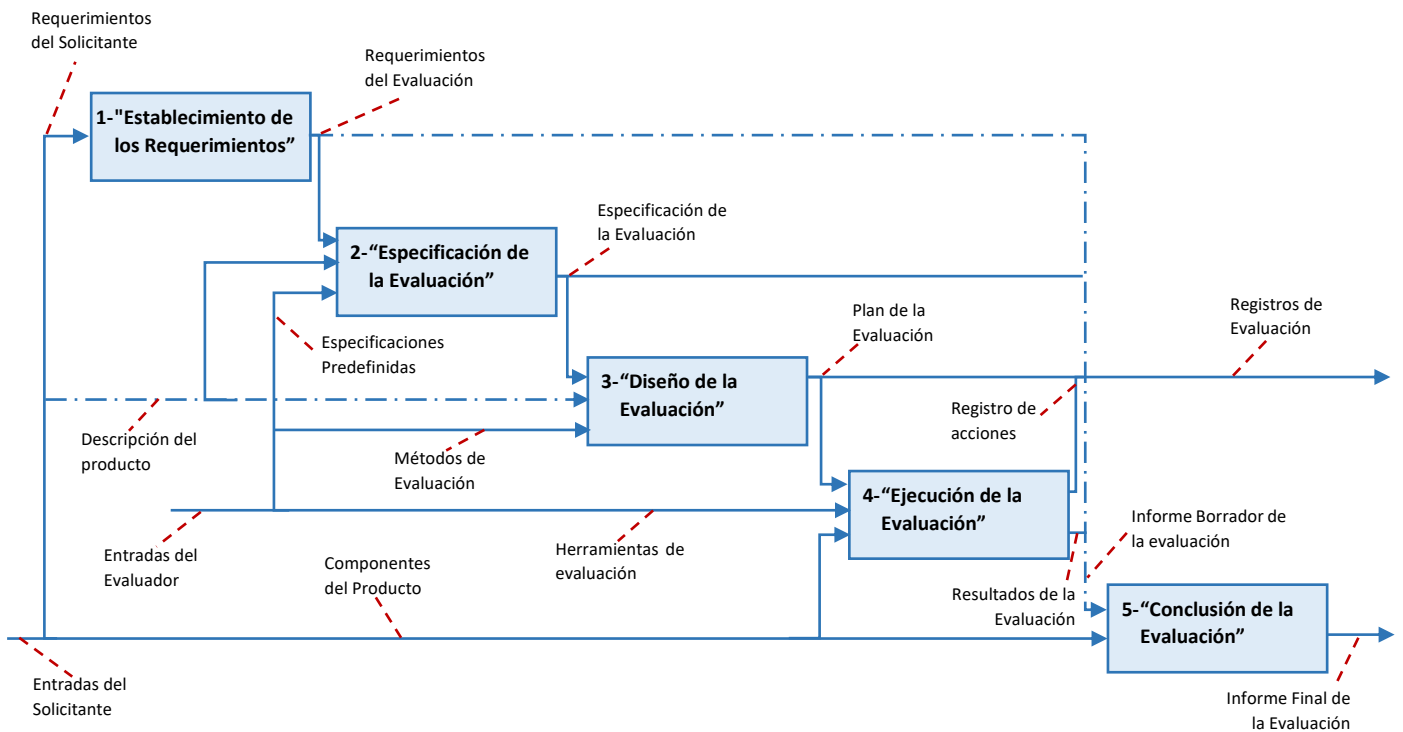


Ilustración 24: Proceso de evaluación del estándar [Fuente: ISO/IEC 14598]

Como se aprecia los cinco subprocesos son:

- Establecimiento de los Requerimientos de Evaluación
- Especificación de la Evaluación
- Diseño de la Evaluación
- Ejecución de la Evaluación, y
- Conclusión de la Evaluación

Además, la ilustración presenta una serie de procesos (numerados) y entradas y salidas, que pueden ser documentos (intermedios o finales) que sirven de insumo para el proceso siguiente. Todos los documentos generados, al igual que el procedimiento, debe ser repetible, reproducible, imparcial y objetivo. Por tal motivo, en el estándar se especifican guías donde se establece responsabilidades entre los usuarios finales y el evaluador, tales responsabilidades son: Confidencialidad, responsabilidad técnica, legal, etc.

4.2.2. Criterios para medir y evaluar la calidad

Una evaluación de calidad está compuesta por diferentes pasos que brindan una lógica adecuada con el fin de obtener un resultado coherente. En la serie 2504n se presentan todos los aspectos relacionados con la evaluación de la calidad del producto de software, específicamente en el ISO/IEC 25040 se presenta el proceso de evaluación donde se adicionan los requisitos mínimos necesarios para cada etapa del proceso de evaluación. Los pasos se representan en la siguiente ilustración:

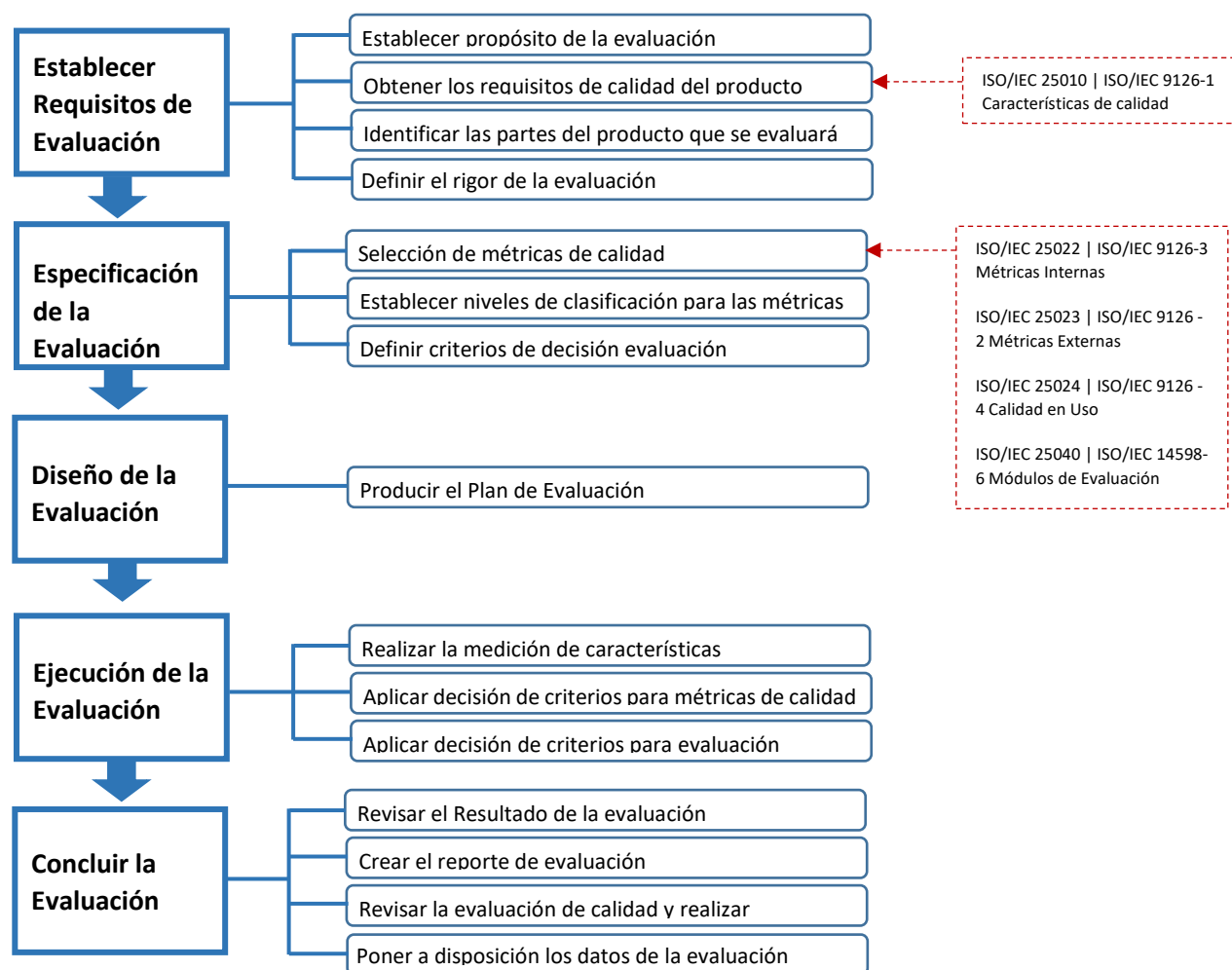


Ilustración 25: Evaluación de procesos según ISO/IEC 25040:2011 [Fuente: Elaboración propia]

Se referencia desde la norma más actualizada ISO/IEC 25000n hasta los pilares que fueron su fuente: ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598 de acuerdo a lo tratado y referenciado en los puntos anteriores de la investigación.

Adicionalmente, se presentan cinco tablas que detallan las actividades generales con la descripción de tareas a realizar de acuerdo a la norma ISO/IEC 25040 (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.):

“ESTABLECER LOS REQUISITOS DE LA EVALUACIÓN”	
En este paso se definen los propósitos u objetivos esperados, en línea al uso estimado del producto de software a evaluar. Además, se describe el producto, el modelo de calidad que será utilizado para la evaluación de los requerimientos de calidad, así como otros criterios que servirán de guía a la evaluación, como, por ejemplo: la rigurosidad de la evaluación y los demás elementos necesarios y relevantes para la evaluación, preguntas tales como del <i>qué, por qué y para qué se evalúa</i>	
“Establecer el propósito de la evaluación”	Se definen los objetivos esperados de la evaluación, qué se necesita obtener y el uso que se le dará al producto de software evaluado.
“Obtener los requisitos de calidad de producto”	En esta sección se definen todas las partes involucradas en el producto de software (adquirentes, usuarios, entidades interesadas, etc.), además se especifica los requisitos de calidad del producto utilizando un determinado modelo de calidad.
“Identificar las partes del producto que se deben evaluar”	En el tipo de producto a evaluarse (Inicial, final o intermedio) se debe identificar y documentar las partes que se incluirán en la evaluación. Depende del contexto en el cual se encuentre el producto y el objetivo de la evaluación para seleccionar los productos a evaluar (especificación de requisitos, diagramas de diseño, documentación de las pruebas, etc.)
“Definir el rigor de la evaluación”	Definición de la rigurosidad de la evaluación en función del propósito y el uso previsto del software, por ejemplo: riesgo para la seguridad, el riesgo económico o el riesgo ambiental. En base al rigor se podrá establecer las técnicas que se aplicarán y qué resultados se esperan.

Tabla 14: Proceso de evaluación, paso 1: Establecer los requerimientos de la evaluación (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))

“ESPECIFICAR LA EVALUACIÓN”	
En esta actividad se define los módulos de evaluación (métricas, materiales y técnicas de medición), además de los criterios de decisión que se aplicarán en la evaluación.	
“Seleccionar los módulos de evaluación!”	En este apartado el evaluador selecciona las métricas de calidad, materiales a utilizar y técnicas que cubran los requisitos de evaluación. De acuerdo a la Norma ISO/IEC 25020 que presenta un modelo de referencia para la medición de la calidad, en esta tarea las métricas seleccionadas deben permitir realizar comparaciones fiables para la toma de decisiones.
“Definir los criterios de decisión para las métricas”	Las métricas que han sido seleccionadas se deben ponderar en una escala de medición, donde se gradúe el valor de cada métrica y se califique su aceptación. Previamente se debe definir los rangos sobre las escalas de cada métrica, con el fin de indicar la medición que satisface. Dos ejemplos de umbrales de aceptación se pueden definir como ACEPTABLE (nivel justo, nivel bueno, nivel excelente) y NO ACEPTABLE (nivel pobre).
“Definir los criterios de decisión de la evaluación”	En el presente apartado especifica cómo valorar e interpretar los resultados de las mediciones con el fin de determinar el grado de satisfacción en todas las escalas valoradas: Características, subcaracterísticas y métricas de calidad. Los resultados de esta línea deben combinarse para apreciar los resultados de las subcaracterísticas que brindarán, como paso siguiente, los resultados de las características a su vez con la combinación de este resultado se obtendrá el resultado de la calidad del producto.

Tabla 15: “Proceso de evaluación, paso 2: Especificar la evaluación” (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))

“DISEÑAR LA EVALUACIÓN”	
La presente actividad se fundamenta en tres líneas: Descripción del producto de software a evaluar, los requerimientos que se van a evaluar y la especificación de la evaluación. En este paso se documentará los procedimientos que utilizará el evaluador, esto dará como resultado el Plan de Evaluación.	
“Planificar las actividades de la evaluación”	En este apartado se describe la metodología, materiales y la organización de las acciones del evaluador. Además, se describe y documenta los pasos necesarios para llevar a cabo la evaluación, referenciado los módulos de evaluación (detalle de las métricas), guías de uso, disponibilidad de los recursos, tanto humanos como materiales, y cómo se informa los resultados.

Tabla 16: “Proceso de evaluación, paso 3: Diseñar la evaluación” (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))

“EJECUTAR LA EVALUACIÓN”	
En esta parte del proceso de evaluación se obtienen los resultados a partir de los pasos anteriores: Medir, validar y verificar el producto de software en concordancia con los requerimientos de evaluación, tal como se describe en la Especificación de la Evaluación y en el Plan de Evaluación. Finalmente se obtendrá el reporte de evaluación.	
Realizar las mediciones	Realización las mediciones sobre el producto de software y sus componentes con el fin de obtener de las métricas seleccionadas e indicadas en el Plan de Evaluación.
Aplicar los criterios de decisión para las métricas	De acuerdo a los criterios iniciales establecidos en la Especificación de la Evaluación (niveles de rating), los valores que se obtienen se comparan con los criterios iniciales, en esta parte se determina el Nivel de Rating para cada métrica.
Aplicar los criterios de decisión de la evaluación	Como paso final del proceso de evaluación se combina los ponderados de acuerdo a los establecido en los Criterios de Evaluación.

Tabla 17: Proceso de evaluación, paso 4: Ejecutar la evaluación (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))

CONCLUIR LA EVALUACIÓN	
En esta actividad se genera el Informe de la Evaluación y este artefacto presenta los resultados de la evaluación, así como información relevante de la evaluación, además se adiciona la comparación de los valores medidos con los criterios preestablecidos.	
Revisar los resultados de la evaluación	En este caso, el evaluador, la Unidad Ejecutora y el Ministerio de Educación realizan una revisión conjunta de los resultados obtenidos, con el objeto de realizar una mejor interpretación de la evaluación y detección de errores si los hubiera.
Crear el informe de evaluación	Elaboración del informe de evaluación, que incluye los requisitos de evaluación, los resultados, las limitaciones y restricciones del personal evaluador.
Revisar la calidad de la evaluación y obtener retroalimentación	En esta sección se revisan los resultados de evaluación de software, la validez del proceso, de los indicadores y las métricas especificadas y aplicadas. El informe final queda como precedente para los próximos procesos competitivos de adquisición de software hecho a medida en el sector público y adquisiciones futuras en el marco de las Políticas del BID.
Tratar los datos de la evaluación	Como paso final, el evaluador entregará toda la documentación necesaria para realizar el adecuado tratamiento de datos y objetos utilizados en la evaluación, de acuerdo a lo establecido inicialmente con la Unidad Ejecutora.

Tabla 18: Proceso de evaluación, paso 5: Conclusión de la evaluación (Fuente: (ISO25040, ISO25000 calidad de software y datos, s.f.))

La gran mayoría de actividades y tareas se seguirán en el presente trabajo de investigación, con el fin de obtener una metodología base durante todo el proceso de evaluación de la calidad.

4.2.3. Método de evaluación

Considerando los modelos del proceso evaluación a un software presentados se tomará en cuenta el modelo de la ISO/IEC 25040, no dejando de lado las nociones previas de las ISO/IEC 9126 y la ISO/IEC 14598, además, se describirán las fases seleccionadas que serán ejecutadas en conjunto con todas las partes interesadas para evaluar el Sistema de Gestión Académica para Universidades (SIGAU).

Como se había descrito preliminarmente los sistemas académicos que se evaluaron pasaron por una etapa previa de verificación administrativa, básicamente a la revisión de cumplimiento de formatos documentales solicitados en el marco de las Políticas de Adquisición de Sistemas del Banco Interamericano de Desarrollo.

Los requerimientos técnicos del proceso solicitados y presentados por las empresas proveedoras, que sirvieron como insumo para el evaluador y todas las partes técnicas interesadas, fueron:

- Sistema académico universitario instalado en un ambiente de prueba con servidor de características computacionales similares.
- Documentación técnica del sistema académico para universidades: Documentación de análisis de requerimientos, arquitectura del sistema, casos de uso, manuales de usuario, etc.
- Cuadro declarativo donde se indica el cumplimiento de los requerimientos técnicos funcionales, estos requerimientos se encuentran en las Especificaciones Técnicas (EETT), que fueron validadas por especialistas de: Las universidades Públicas beneficiadas, de la Dirección General de la Educación Superior Universitaria (DIGESU) del Ministerio de Educación y personal técnico de la Unidad Ejecutora, adquirente del sistema a evaluar.

4.2.3.1. Fase 1: Requisitos de la evaluación

4.2.3.1.1. Propósito de la evaluación

En el Perú no se certifica completamente que los productos de software han sido desarrollados bajo una metodología que asegure la calidad desde el análisis o las primeras etapas de concepción, más aún que en la mayoría de adquisiciones solo evalúan la completitud funcional de los requerimientos que el comprador solicita, en tal sentido, el objetivo de la evaluación de la calidad del Sistema de Gestión Académica Universitario (SIGAU) es asegurar que el producto desarrollado y en producción que se adquiriera sea de calidad, también cumpla con los criterios mínimos de aceptación por los principales interesados en la implantación y uso del software a adquirir.

Además, la evaluación de la calidad del software permitirá contar con un respaldo técnico que brinde la viabilidad de la adquisición. Esto a través de la comparación de dos o más softwares académicos que cumplan con los requerimientos funcionales solicitados en las Especificaciones Técnicas.

Más aún que es una adquisición que beneficiará a diez (10) universidades públicas del Perú, potenciando sus servicios de gestión académica con información transparente y trazable.

Finalmente, y no menos importante, es una inversión pública fomentada por el Estado con el fin de cerrar brechas entre las universidades del Perú.

4.2.3.1.2. Requisitos de calidad de producto

Hay que considerar que los softwares académicos que llegaron a la instancia final de evaluación fueron dos y ambos se encuentran en producción en distintos ambientes en por lo menos una universidad del Perú. Bajo este estado a partir de ahora se asignará un nombre a las empresas: EMPRESA A y EMPRESA B, con el fin de mantener en reserva la confidencialidad del proceso.

Contando con esa referencia, se definen las partes interesadas en el producto de software:

- Adquirente: Unidad Ejecutora, encargada de gestionar la fuente de financiamiento y asegurar las contrataciones en el marco de cumplimiento de metas con el fin de cerrar brechas en la Educación Superior.
- Especialistas técnicos del Ministerio de Educación: El ente rector de la Educación Superior en el Perú, en el marco de la presente evaluación de calidad, tiene como fin asegurar que el software adquirido cuenta con las características necesarias que aseguren la calidad del software.
- Especialistas técnicos de la Unidad Ejecutora: Equipo de especialistas informáticos encargados coordinar entre los proveedores, Ministerio de Educación y universidades beneficiarias las actividades del proceso.
- Coordinadores de OTI: Especialistas en tecnologías de la información que cuentan con designaciones de coordinadores técnicos en cada universidad pública beneficiaria.
- Evaluador: Especialista técnico encargado, en conjunto con los especialistas técnicos de la Unidad Ejecutora y Ministerio de Educación, encargado de proponer, especificar, diseñar y validar los requisitos de la evaluación; así como su ejecución y evaluación final.
- Empresas proveedoras: Personas jurídicas con experiencia en proyectos del rubro de tecnología de información no menor a 5 años. Además, se solicita que cuenten con experiencia en el desarrollo y/o implementación de software académicos de Educación Superior nivel universitario o similares.

Los interesados o usuarios que realizarán la evaluación de los diferentes sistemas académicos serán los especialistas técnicos de: Unidad Ejecutora, Ministerio de Educación y coordinadores Oficina General de Tecnologías de la Información de algunas universidades. Por razones obvias ninguno de ellos ha utilizado los productos de software, lo cual les da el mismo nivel de experiencia a cada uno. Los

requerimientos mínimos para realizar la evaluación serán conocimientos a nivel de usuario en el uso de navegación web y uso de herramientas ofimáticas.

Ahora, es preciso especificar los requisitos de calidad que se utilizarían. No sin antes establecer el modelo de calidad de la Norma ISO/IEC 25000, específicamente los atributos de calidad interna, calidad externa y calidad en uso, con el cual se realizará la evaluación de la calidad del software académico.

Los requisitos de calidad a evaluar en los sistemas propuestos están basados en la medición de las siguientes características:

- Eficacia
- Eficiencia
- Satisfacción

4.2.3.1.3. Partes del producto a evaluar

Considerando que es un producto de software en producción, se evaluará el código fuente del software académico (calidad interna) y el software en producción (calidad externa y calidad en uso), en un ambiente de pruebas bajo las mismas condiciones computacionales y el mismo lugar de evaluación por los usuarios identificados.

Con el fin de satisfacer los requisitos de calidad identificados en la Tabla 19, se seleccionan un subconjunto de requerimientos del producto los cuales los usuarios interesados en la evaluación han identificado como indispensables, requerimientos que cubren una necesidad directa de los usuarios finales o también se le considera requerimientos del negocio, de acuerdo a lo identificado en los casos de uso del producto. A modo de ampliar los requerimientos indispensables se presenta la visión general de algunos procesos de las características a evaluar en ambos softwares presentados:

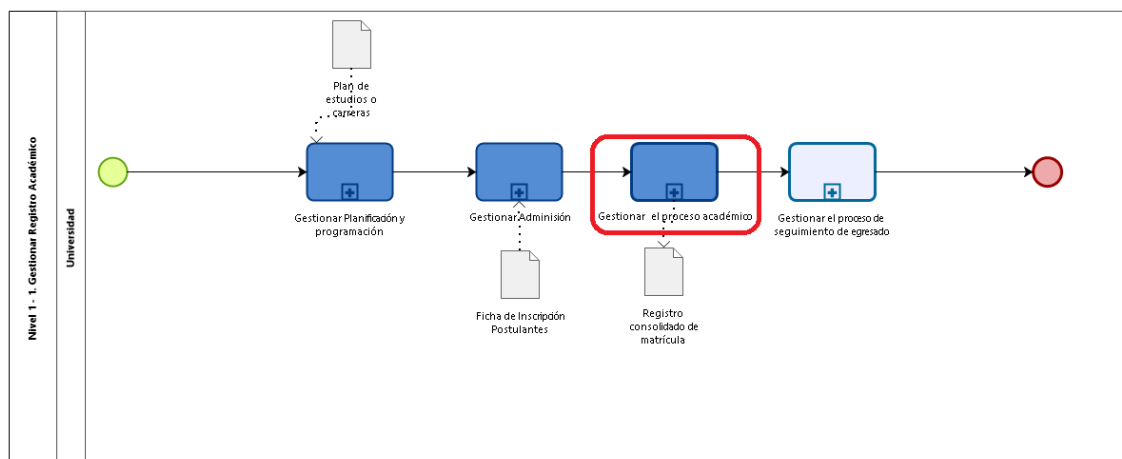


Ilustración 26: Vista general del proceso académico del Sistema de Gestión Académica [Fuente: MINEDU]

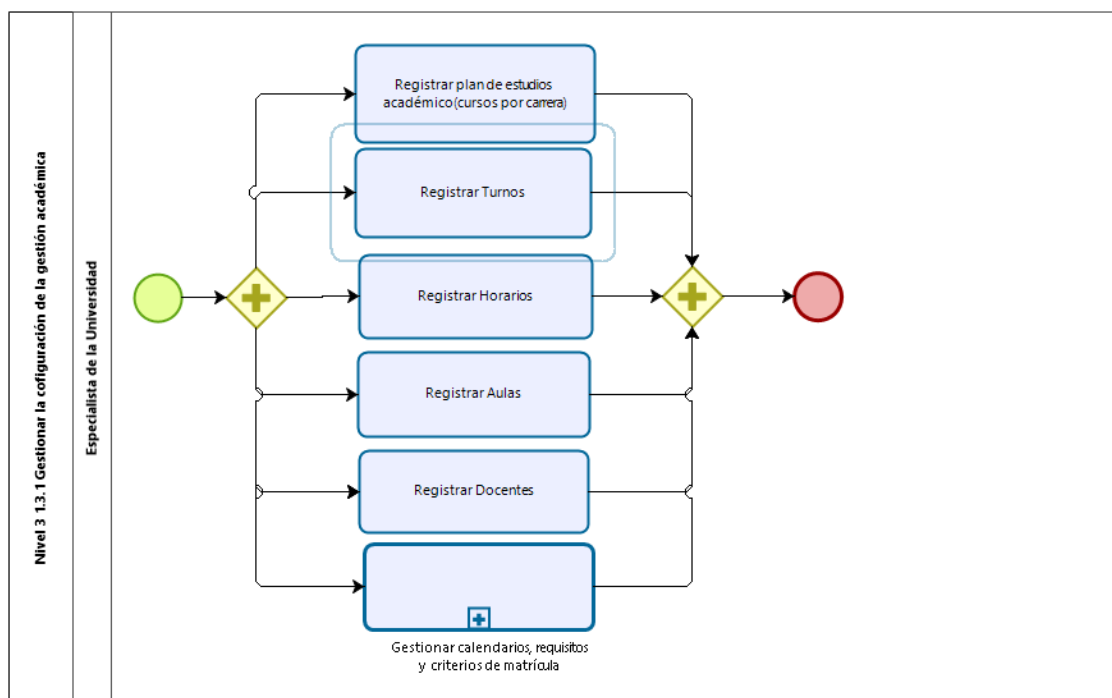


Ilustración 27: Gestionar la configuración de la gestión académica del Sistema de Gestión Académica [Fuente: MINEDU]

Las funcionalidades indispensables que se evaluarán se presentan en la siguiente tabla:

N°	Funcionalidades indispensables	Tiempo estimado (minutos)
1	Gestión de matrícula en línea	10
2	Generación de actas de notas por grupo de estudios	15
3	Contar con récord académico del estudiante	2
4	Contar con el reporte de matrícula	2
5	Generación de actas por curso y período académico	2
6	Historial de estado académico por estudiante	2
7	Generación de estudiantes observados	2
8	Generación de acta de alumnos regulares	2
9	Generación de matriculados por período académico	2
10	Relación de egresados: graduados y titulados	2

Tabla 19: Funcionalidades indispensables a evaluar (Elaboración propia)

De la tabla anterior se presenta un modelo de las tareas a ser evaluadas, las cuales serán analizadas con el objetivo de contar con el impacto que tiene sobre los usuarios evaluadores representando los tipos de usuario.

Los evaluadores simularán tres tipos de usuarios: Alumno, docente universitario y director académico.

4.2.3.1.4. Rigor de la evaluación

En el presente contexto, no es necesario que la evaluación sea rigurosa, ya que de acuerdo a lo informado ambos productos de software se encuentran en producción en por lo menos una universidad por más de tres años, con lo que se desprende que los niveles de funcionalidad y confiabilidad son aceptables.

En ese sentido, la evaluación de la rigurosidad queda suspendida, no obstante, las incidencias o debilidades y fortalezas identificadas en la evaluación se indicarán en el informe final de la evaluación.

4.2.3.2. Fase 2: Especificar la evaluación

4.2.3.2.1. Módulos de evaluación

De igual forma, de acuerdo a lo definido en la sección “Requisitos de calidad de producto”, es importante listar los atributos a utilizar por cada una de las características seleccionadas, pues cada una de ellas representará los resultados cuantificables:

Característica	Sub Característica	Método
Eficacia	“Tasa de finalización de las tareas sin asistencia”	“Medir el rendimiento del usuario”
	“Tasa de finalización de la tarea con asistencia”	
	“Número de asistencias”	
Eficiencia	“Tiempo empleado en realizar la tarea”	
	“Eficiencia de la tasa de finalización de la tarea”	
Satisfacción	“Utilidad del sistema”	“ASQ + PSSUQ”
	“Calidad de la información”	
	“Calidad de la interface”	

Tabla 20: Subcaracterísticas y método de evaluación (Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla 20 se especifican las características a evaluar en relación al nivel de completitud de la funcionalidad, que responde al propósito de la evaluación: ¿Cuál es el nivel de completitud de la funcionalidad implementada en el software académico, de acuerdo a las especificaciones técnicas? Además, qué nivel de satisfacción tienen los usuarios que interactuaron con el software con las características propuestas.

En esa línea, se proponen dos métodos de evaluación:

- Medir rendimiento del usuario: Para estimar el rendimiento se utilizarán dos herramientas informáticas que son instrumentos para evaluar las métricas y permitirán valorar la eficacia y eficiencia de la interacción de los usuarios de prueba en el sistema académico para universidades:
 - SHAREX es getsharex.com (*ShareX Team s/f*): “Es un programa gratuito de código abierto que permite capturar o grabar cualquier área de una pantalla y compartirla con solo presionar una tecla. Además, permite cargar imágenes, texto u otros tipos de archivos a más de ochenta (80) destinos compatibles entre los que se puede elegir” (*ShareX, s.f.*). Esta herramienta será utilizada para grabar la performance de cada una de las funcionalidades indispensables (Tabla 19), con el fin de validar que los usuarios hayan terminado eficazmente las funcionalidades para validar que los usuarios evaluadores hayan terminado eficazmente las interacciones y el tiempo con el cual han ejecutado las tareas.
 - *Online-Stopwatch* es online-stopwatch.com (*Timer s/f*): herramienta también desarrollada con software libre (*Stopwatch, s.f.*), la cual permite medir el tiempo con el cual se ejecutan las funcionalidades, se puede utilizar de cuenta progresiva o regresiva. Ambas herramientas se complementan.
- Y, ASQ + PSSUQ Questionnaire, el presente método se divide en dos herramientas:
 - “*Cuestionario After Scenario Questionnaire*” (ASQ): Se proporciona a los participantes luego de finalizar la evaluación de usabilidad. Luego de mediar el resultado obtenido de las preguntas se obtiene el resultado final de ASQ

Cada pregunta se responde de una escala de 1 a 7 (Anexo 1) y están basadas en la escala de Likert (Likert, 1932). Se utilizará para medir la satisfacción del uso del producto de software.

Este cuestionario se encuentra basado en la publicación de Lewis denominado *Computer Usability Satisfaction Questionnaires* (Lewis, 1995)

- “*Cuestionario Post Study System Usability Questionnaire*” (PSSUQ), este cuestionario se compone de diecinueve (19) preguntas que evalúan la satisfacción de los usuarios (Anexo 2), el tiempo estimado en desarrollarlo es superior al ASQ y se debe completar luego de haber realizado un estudio de usabilidad (Calidad en Uso). El cuestionario PSSUQ permite a los usuarios brindar una evaluación general de todo el sistema evaluado. Al igual que el cuestionario ASQ, el PSSUQ está basado en la escala de Likert (Likert, 1932) y el cuestionario de Lewis denominado *Computer Usability Satisfaction Questionnaires* (Lewis, 1995).

Definido los materiales y técnicas a utilizar en la evaluación del software académica, ahora definiremos los módulos de evaluación, de acuerdo a la Norma ISO/IEC 25020 se evaluará:

- Medida de Calidad Interna (ISO/IEC 25022)
- Medida de Calidad Externa (ISO/IEC 25023)
- Medida de Calidad en Uso (ISO/IEC 25024)

4.2.3.2.2. Criterios de decisión para las métricas

Luego de definido las herramientas utilizadas para valorar los requisitos de evaluación, la métrica de calidad, técnicas referenciadas y los módulos de evaluación es pertinente indicar la medida de la métrica utilizada y la escala de valores:

4.2.3.2.2.1. Forma de evaluación de la calidad interna

Con el fin evaluar la calidad interna del producto de software académico, se aclaró en el pliego de absolución de consultas: “*La empresa postora debe indicar de forma clara, a través de un Manual de Codificación, la manera que ha sido*

codificado el software, se debe incluir como mínimo la notación utilizada para la creación de las variables, el esquema de nombrado de tablas, campos y otros ítems de la base de datos, la descripción de la práctica utilizada para codificar (indentación, tabulación del código fuente, donde se incluyen los comentarios, etc.), se les podrá solicitar el código fuente de algunas secciones del software para verificar el cumplimiento de dicho manual.”

Con el fin de contar con una evaluación total del código fuente de la última versión en producción del software académico, y como aún no se puede contar con el código fuente total del software, se solicitó a las empresas postoras utilizar la herramienta *SonarQube Community*, la cual es una herramienta libre que permite contar con métricas de confiabilidad, seguridad y mantenibilidad necesarias para realizar la evaluación técnica

Las empresas postoras deben presentar el reporte de la herramienta *SonarQube Community* bajo una declaración jurada, las características que se han tomado en cuenta para evaluar la calidad interna son: La Fiabilidad, Seguridad y Mantenibilidad.

#	Características	Escala	Empresa	Puntaje
1	Fiabilidad: Un conjunto de atributos relacionados con la capacidad del software de mantener su nivel de prestación, bajo condiciones establecidas durante un período establecido. En SonarQube está asociado a los Bugs: Un problema que representa algo mal en el código. Si esto aún no se manifiesta en la funcionalidad, lo hará, y probablemente en el peor momento posible.	A = 0 Bugs (5 puntos) B = al menos 1 error menor (4) C = al menos 1 error mayor (3) D = al menos 1 error crítico (1) E = al menos 1 error de bloqueo (0)		
2	Seguridad: Expresado en SonarQube como el número de problemas de vulnerabilidad. Vulnerabilidad: Un problema relacionado con la seguridad que representa una puerta trasera (<i>backdoor</i>) para un atacante.	A = 0 vulnerabilidades (5) B = al menos 1 vulnerabilidad menor (4) C = al menos 1 vulnerabilidad mayor (3) D = al menos 1 vulnerabilidad crítico (1) E = al menos 1 vulnerabilidad de bloqueo (0)		
3	Mantenibilidad: Facilidad de extender, modificar o corregir errores en un sistema software. Dado en función del costo de Remediación: Tiempo estimado requerido para corregir problemas de vulnerabilidad y confiabilidad.	A = <= 5% del tiempo de la aplicación empleado (5) B = entre 6 a 10% (4) C = entre 11 a 20% (3) D = entre 21 a 50% (1) E = sobre el 50% (0)		
		Puntaje alcanzado		-
		Puntaje máximo		15
		Calidad Interna (IQ)		

Tabla 21: Características para evaluar la Calidad Interna (Fuente: Elaboración propia)

4.2.3.2.2.2. Forma de evaluación de la calidad externa

Para la evaluación de la calidad externa se utilizará la característica denominada Funcionalidad y dentro la subcaracterísticas Completitud Funcional:

Característica	Definición
Funcionalidad	Esta característica representa el grado en que un producto o sistema proporciona funciones que satisfacen las necesidades establecidas e implícitas cuando se usa en condiciones específicas. Sub Característica: • Completitud funcional

Tabla 22: Característica para evaluar la Calidad Externa (Fuente: Elaboración propia)

La evaluación de la completitud funcional se detalla en la tabla siguiente:

Característica	Sub Característica	Forma de Cálculo
Funcionalidad	Completitud funcional	$K = M / N$ Donde: M = El conteo de requisitos que el software cumple totalmente N = El número total de requisitos solicitado Unidad de Medida: Porcentaje

Tabla 23: Fórmula para la evaluación de la calidad externa (Fuente: Elaboración propia)

4.2.3.2.2.3. Forma de evaluación de la calidad en uso

Las características de calidad en uso serán evaluadas de la siguiente forma:

Característica	Sub Característica	Forma de cálculo
Eficacia	Tasa de finalización de las tareas sin asistencia	$A = NTFS_A / NT$ NTFS_A = Número de tareas finalizadas sin asistencia por usuario. NT = Número de tareas propuestas al usuario. Unidad de medida = Porcentaje
	Tasa de finalización	$B = NTFC_A / NT$

	de la tarea con asistencia	NTFCA = Número de tareas finalizadas con asistencia por usuario. NT = Número de tareas propuestas al usuario. Unidad de medida = Porcentaje
	Número de asistencias	C = Número de asistencias realizadas por usuario. Unidad de medida = Cuenta
Eficiencia	Tiempo empleado en realizar la tarea	D = tiempo empleado en completar la tarea. Unidad de medida = Minutos
	Eficiencia de la tasa de finalización de la tarea	$E = (A+B) / D$ E = Eficiencia de la tasa de finalización de tareas por usuario. Unidad de medida = Porcentaje por minuto.
Satisfacción	Utilidad del sistema	$F = \frac{\sum_{i=1}^8 I_i}{8}$ F = Es el promedio de los puntajes de las preguntas de la encuesta PSSUQ correspondientes a la utilidad del sistema (del 1 al 8). Su valor estará entre el 1 al 7. I_i = El valor del Ítem i-ésimo 8 = El número de preguntas correspondientes a la Utilidad del Sistema (SYSUSE) Unidad de medida = valor real entre 1 y 7
	Calidad de la información	$G = \frac{\sum_{i=9}^{15} I_i}{7}$ G = Es el promedio de los puntajes de las preguntas de la encuesta PSSUQ correspondientes a la calidad de información del sistema (del 9 al 15). Su valor estará entre 1 y 7. I_i = El valor del Ítem i-ésimo 7 = El número de preguntas correspondientes a la utilidad del sistema Calidad de la Información (INFOQUAL) Unidad de medida = Valor real entre 1 y 7
	Calidad de la interface	$G = \frac{\sum_{i=16}^{18} I_i}{3}$ G = Es el promedio de los puntajes de las preguntas de la encuesta PSSUQ correspondientes a la calidad de la interfaz del sistema (del 16 al 18). Su valor estará entre 1 y 7. I_i = El valor del Ítem i-ésimo 3 = El número de preguntas correspondientes a la utilidad del sistema Calidad de Interfaz (INTERQUAL)

		Unidad de medida = Valor real entre 1 y 7
	Satisfacción Global	$J = \frac{\sum_{i=1}^{19} I_i}{19}$ J = Es el promedio de los puntajes de las preguntas de la encuesta PSSUQ correspondientes a la utilidad del sistema (del 1 al 19). Su valor estará entre 1 y 7. I_i = El valor del ítem i-ésimo 19 = El número de preguntas correspondientes a la satisfacción global del sistema (OVERALL) Unidad de medida = Valor real entre 1 y 7

Tabla 24: "Características y subcaracterísticas a evaluar en la Calidad en Uso" (Fuente: Elaboración propia)

4.2.3.2.3. Criterios de decisión de la evaluación

Definido el método de evaluación de la Calidad Interna, Calidad Externa y Calidad en uso, con el resultado numérico de cada evaluación es importante integrarlos en una matriz con el puntaje total de la evaluación técnica, de acuerdo al porcentaje técnico establecido en las bases del proceso de adquisición: 30% el peso de la evaluación técnica.

4.2.3.2.3.1. Construcción de la matriz de evaluación

A continuación, se presenta la matriz de Evaluación de Calidad del Sistema de Gestión Académica Universitaria, ajustado a los criterios de evaluación con el fin de seguir obteniendo puntajes entre 0 y 30 puntos que son los necesarios para la evaluación técnica:

Característica	Sub Característica	Forma de cálculo
Funcionalidad	Complejidad funcional	En este caso se utilizará el valor de la métrica tal como se ha calculado. Resultado Un valor entre 0 y 1 inclusive donde el valor más cercano a uno es el mejor.

		Criterio de evaluación $FUNCIONALIDAD = 6 * K$
Calidad interna	Fiabilidad, Seguridad y Mantenibilidad	En este caso se utilizará el valor de la métrica tal como se ha calculado. Resultado Un valor entre 0 y 1 inclusive donde el valor más cercano es el mejor. Criterio de evaluación $CALIDAD-INTERNA = 6 * IQ$
Eficacia	Tasa de finalización de las tareas con y sin asistencia	En este caso se calculará el promedio del porcentaje de finalización para todos los usuarios que participaron en la evaluación. $A.PRO = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i + B_i)}{N}$ Donde: $A_i + B_i$ = La tasa de finalización de todas las tareas con y sin asistencia por cada usuario en porcentaje. N = Número de usuarios Resultado Un valor entre 0 y 1 inclusive donde el valor más cercano a 1 es el mejor. Criterio de evaluación: $EFICACIA = 3 * A.PRO$
Eficiencia	Eficiencia de la tasa de finalización de la tarea	$E.PRO = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{N}$ E.PRO es el promedio de la Eficiencia de la tasa de finalización de tareas obtenida por los N usuarios está dada en tareas por minuto. E_i = Eficiencia de la tasa de finalización de tareas por cada usuario i N = Número de usuarios que realizaron la evaluación. $E.NOR = \frac{E.PRO}{MAX(E.PRO)} * 100.00$ E.NOR es la eficiencia promedio normalizada la cual se

		expresa como un porcentaje de la mayor eficiencia promedio. Resultado Un valor entre 0 y 1 inclusive donde el valor más cercano a 1 es el mejor. Criterio de evaluación: $EFICIENCIA = 3 * E.NOR$
Satisfacción	Utilidad del sistema	$F.PRO = \frac{\sum_{i=1}^N F_i}{N}$ F.PRO es el promedio de la utilidad del sistema SYSUSE obtenido para la aplicación evaluada. F_i = Utilidad del sistema obtenida para cada usuario i N = Número de usuarios que realizaron la evaluación $F.NOR = \frac{(7 - F.PRO)}{6} * 100.00$ F.NOR es la utilidad del sistema normalizada. Resultado Un valor entre 0 y 1 inclusive donde el valor más cercano a 1 es el mejor. Criterio de evaluación $SYSUSE = 3 * F.NOR$
	Calidad de la información	$G.PRO = \frac{\sum_{i=1}^N G_i}{N}$ G.PRO es el promedio de la calidad de la información del sistema INFOQUAL obtenido para la aplicación evaluada. G_i = Calidad de la información del sistema obtenida para cada usuario i N = Número de usuarios que realizaron la evaluación $G.NOR = \frac{(7 - G.PRO)}{6} * 100.00$ G.NOR es la calidad de la información del sistema normalizada.

		Resultado Un valor entre 0 y 1 inclusive donde el valor más cercano a 1 es el mejor. Criterio de evaluación $INFOQUAL = 3 * G.NOR$
	Calidad de la interfaz	$H.PRO = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}$ H.PRO es el promedio de la calidad de la interfaz del sistema INTERQUAL obtenida para la aplicación evaluada. H_i = Calidad de la interfaz del sistema obtenida para cada usuario i N = Número de usuarios que realizaron la evaluación $H.NOR = \frac{(7 - H.PRO)}{6} * 100.00$ H.NOR es la calidad de la interfaz del sistema normalizada. Resultado Un valor entre 0 y 1 inclusive donde el valor más cercano a 1 es el mejor. Criterio de evaluación $INTERQUAL = 3 * H.NOR$
	Satisfacción Global	$J.PRO = \frac{\sum_{i=1}^N J_i}{N}$ J.PRO es el promedio de la satisfacción global del sistema OVERALL obtenida para la aplicación evaluada. J_i = Calidad de la satisfacción global del sistema obtenida para cada usuario i N = Número de usuarios que realizaron la evaluación $J.NOR = \frac{(7 - J.PRO)}{6} * 100.00$ J.NOR es la satisfacción global del sistema normalizada. Resultado Un valor entre 0 y 1 inclusive donde el valor más cercano

		a 1 es el mejor. Criterio de evaluación $OVERALL = 3 * J.NOR$
--	--	---

Tabla 25: Matriz de la Calidad propuesta (Fuente: Elaboración propia)

4.2.3.3. Fase 3: Diseño de la evaluación

En la presente fase se presentó y definió las actividades de evaluación a realizarse:

- a) Presentación de actividades de evaluación: Como se ha indicado preliminarmente, la base para contar con la puntuación final de evaluación lo brinda el proceso de adquisición del Banco Interamericano de Desarrollo, la Unidad Ejecutora y el Comité de Evaluación designado al proceso, en resumen, se ha propuesto que el peso el puntaje técnico conste del 30% del total de la propuesta (el 70% restante es el peso del costo) en línea con la fórmula presentada en la Tabla 03: Fórmula de puntuación evaluada.

A la vez, el 30% se consigue, de acuerdo a la propuesta y aplicación de la Norma ISO/IEC 25000n, con la suma de las características evaluadas en la Calidad Interna, Calidad Externa y Calidad en Uso, alineada a la Matriz de Calidad propuesta en el acápite precedente.

De las evaluaciones propuestas solo la Calidad en Uso será realizada en un ambiente preparado con todas las condiciones necesarias, computadoras personales con las mismas características, iluminación, ventilación, asientos ergonómicos y la presencia física de todos los participantes de la evaluación. La evaluación tendrá una duración de cuatro horas, esperando que sean dos horas por software, debido al tiempo limitado de los especialistas del Ministerio de Educación, especialistas de la Unidad Ejecutora y coordinadores técnicos de algunas universidades públicas. A continuación, se presentará los usuarios, sus cargos y entidad a la que pertenecen, manteniendo en reserva los nombres:

ID	Cargo	Institución
Usu1	Especialista de la Dirección General de Educación superior Universitaria (DIGESU)	MINEDU
Usu2	Especialista técnico informático de la Unidad Ejecutora	PMESUT
Usu3	Coordinador de la Oficina de Tecnología de la Información	UNTELS
Usu4	Desarrollador de la Oficina de Tecnología de la Información	UNTELS
Usu5	Coordinador de la Oficina de Tecnología de la Información	UPN

Tabla 26: Muestra de usuarios propuestos para la evaluación de la Calidad en Uso

b) Definición de escenarios para medir la Calidad en Uso del Sistema académico

El espacio propuesto para realizar la evaluación de la Calidad en Uso es Unidad Ejecutora, que cuenta con todas las condiciones necesarias para realizar la evaluación sin interrupciones, ruido ambiental, etc.

c) Preparación de los sistemas a evaluar y presentación de formatos a los usuarios evaluadores

Para la Calidad Interna, como se ha sustentado, se utilizará el *SonarQube Community* que es un software libre fiable para evaluar las características de Fiabilidad (*bugs*), Seguridad (*vulnerability*) y Mantenibilidad (*code smells*); cada empresa enviará los resultados de la evaluación como declaración jurada.

Para la Calidad Externa, se evaluará un formato de cumplimiento de noventa (90) características funcionales, este formato es proporcionado por las empresas postoras como declaración jurada, además todas las funcionalidades son corroboradas por especialistas de la Unidad Ejecutora y el Ministerio de

Educación quienes tendrás acceso con todos los usuarios requeridos para corroborar su correcto funcionamiento.

Para la Calidad en Uso, su evaluación será presencial, preliminarmente la empresa postora debe preparar su sistema con los aspectos en la calidad en uso indicados en la tabla siguiente, además se amplía a detalle los datos y características que debe contar los sistemas propuestos para su evaluación (Anexo 3), los datos cargados por las empresas postoras solo serán considerados para la evaluación de la Calidad en Uso:

N°	DESCRIPCIÓN	CUMPLE (SI O NO)
1	MODALIDADES DE ADMISIÓN	
	Modalidad	
	Código	
	Tipo de prueba	
2	ESCUELAS PROFESIONALES	
	Escuela profesional	
	Código	
	Área	
3	VACANTES POR ESCUELA Y MODALIDAD DE ADMISIÓN	
	Escuela profesional	
	Modalidad	
	Vacantes	
4	CURSOS CORRESPONDIENTES AL PLAN DE ESTUDIO	
	Código de curso	
	Curso	
	Créditos	
	Pre-Requisitos	
	Tipo dictado	
5	APERTURA DE GRUPOS/ SECCIONES	
	Curso	
	Sección	
	Capacidad	
	Tipo dictado	
	Día	
	Inicio	
	Fin	
	Aula	
	Docente	

Tabla 27: Aspectos a evaluar en la Calidad en Uso (Fuente: Elaboración propia)

Como se ha indicado en el numeral 4.2.3.2.1 “Módulos de evaluación”, para la Evaluación de la Calidad en Uso se tomará en cuenta la eficacia y eficiencia con la tasa de finalización de tareas y tiempo estimado en cada una de ellas por usuario, además se incluirá los resultados de las encuestas de satisfacción ASQ (*After Scenario Questionnaire*) y PSSUQ (*Post Study System Usability*), este método brindará una tabla integral de calidad de uso por empresa postora.

Además, se contará con los softwares SHAREX y *Online-Stopwatch*, instalados en cada equipo de cómputo evaluador, con el fin de medir el rendimiento y tiempos de la evaluación de la Calidad en Uso.

5. CAPÍTULO V. APOORTE PRÁCTICO

En el presente capítulo se abordará la Fase 4: Ejecución de la evaluación y la Fase 5: Análisis de los resultados obtenidos, ambos presentados y propuestos en el Modelo de Evaluación. En relación a la Fase 4, las mediciones del producto de software, los criterios de decisión de métricas y los criterios de decisión de evaluación, serán tratados en las tres evaluaciones realizadas de acuerdo a la Norma ISO/IEC 25020: Evaluación de la calidad externa, evaluación de la calidad interna y evaluación de la calidad en uso:

5.1. Evaluación de la calidad externa

5.1.1. Estrategia y ejecución de la calidad externa

En los términos de referencia utilizados para la adquisición del software académico contemplan funcionalidades que involucran procesos de admisión, matrícula y egresados que debe contener el Sistema de Gestión Académica para Universidades (SIGAU), denominación también incluida en dichos términos. Estos tres grandes módulos suman los requerimientos funcionales que satisfacen las necesidades establecidas de manera implícita, en ese sentido, se ha proporcionado a las empresas proveedoras del software el Anexo 4: “Matriz de alcance del sistema académico para universidades”, que es un formato común donde se enumera las funcionalidades requeridas con el fin de validar su completitud funcional.

5.1.2. Resultados de la calidad externa

Las empresas postoras que se presentaron al proceso completaron bajo declaración jurada el cumplimiento o no cumplimiento de las noventa (90) funcionalidades solicitadas en los términos de referencia, de acuerdo a lo reportado por las empresas se corroboró con el equipo de especialistas técnicos del Ministerio de Educación y especialistas técnicos de la Unidad Ejecutora el cumplimiento de cada funcionalidad:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD INTERNA	EMPRESA A	EMPRESA B
Número de Funcionalidades	90	90
Funcionalidades cubiertas por el software	62	86
COMPLETITUD FUNCIONAL	68.8%	95.5%

Tabla 28: Resultados de la evaluación de la calidad externa (Fuente: Elaboración propia)

5.2. Evaluación de la calidad interna

5.2.1. Estrategia y ejecución de la calidad interna

Las métricas recogidas por el *SonarQube Community* son: Confiabilidad (*bug*), seguridad (*vulnerability*) y mantenibilidad (*code smells*). Como ya se había mencionado, los compradores/evaluadores del software académico en ese momento no contaban con el código fuente, por obvias razones las empresas proveedoras no podían entregar el código en un formato digital o acceso al código fuente en un servidor de prueba. Es por tal razón que las empresas proveedoras, previa coordinación con las bases del proceso, instalaron su software académico con el SonarQube en un servidor de prueba y realizaron el análisis estático de código, con el fin de identificar los puntos susceptibles de mejora, en base a las métricas indicadas a inicio del presente numeral. El informe que proporcionaron cuenta con más detalles, ampliando el estado de las métricas evaluado. Sin embargo, por seguridad solo se presenta en la presente investigación el panel de resultados generales. Los resultados fueron los siguientes:

EMPRESA A:

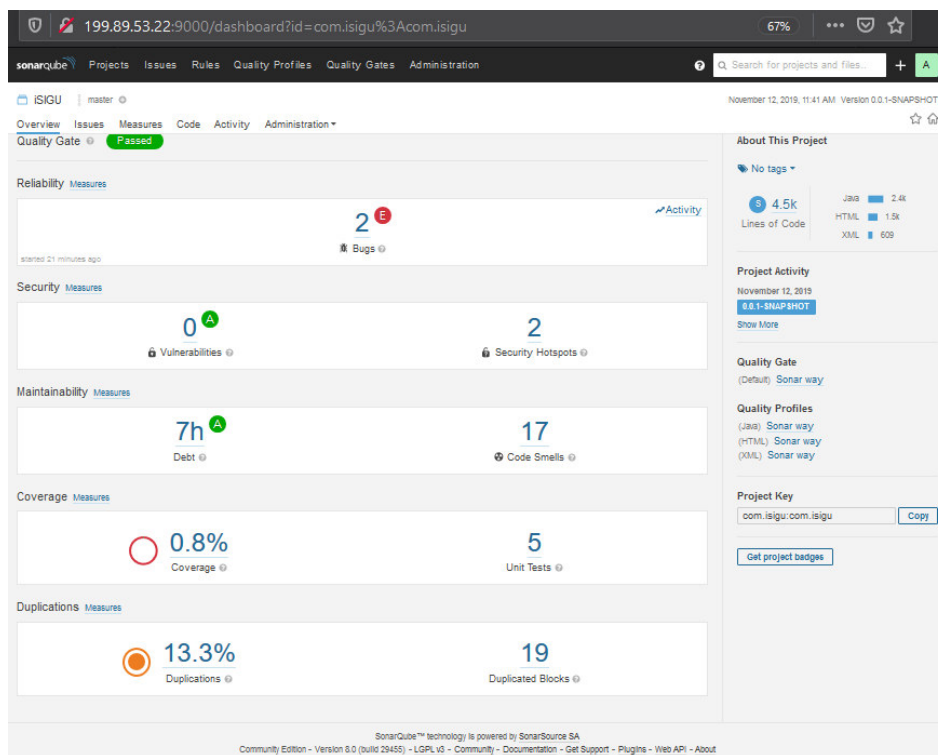


Ilustración 28: Panel de evaluación del SonarQube de la Empresa A [Fuente: SonarQube]

EMPRESA B:

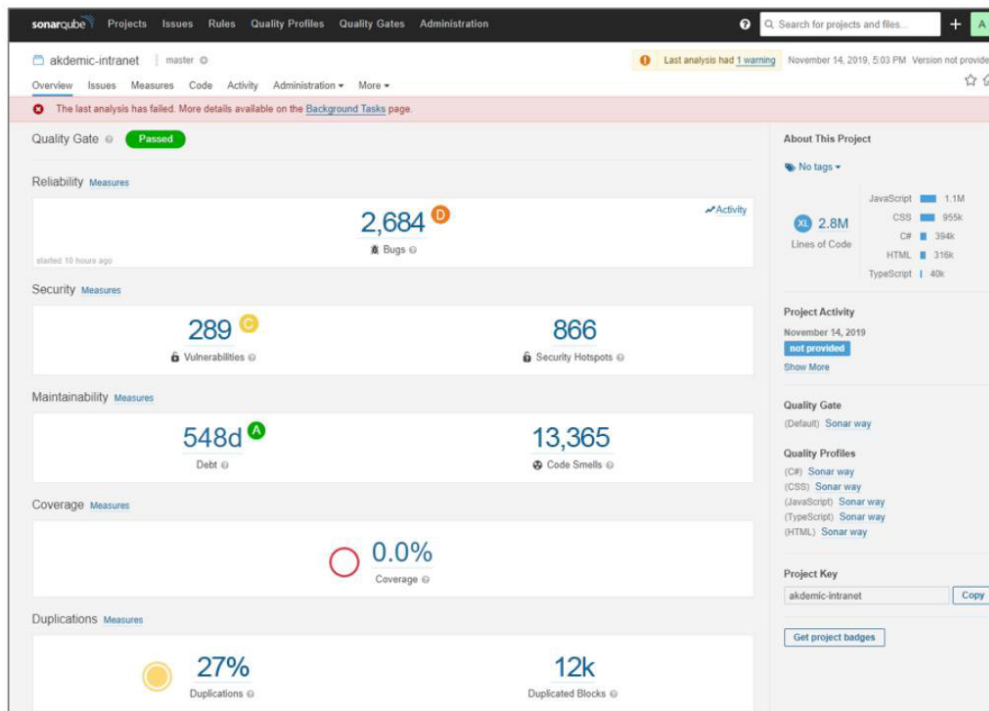


Ilustración 29: Panel de evaluación del SonarQube de la Empresa B [Fuente: SonarQube]

5.2.2. Resultados de medición de la calidad interna

De acuerdo a las características establecidas para evaluar la calidad interna del software se presente la siguiente tabla con los resultados de la evaluación de acuerdo a lo reportado por las empresas postoras:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD INTERNA RESULTADOS GENERADOS POR SONARQUBE						
Ítem	Característica	Escala	EMPRESA A	Puntaje	EMPRESA B	Puntaje
1	Fiabilidad (<i>Bugs</i>)	A = 0 Bugs (5 puntos) B = al menos 1 error menor (4) C = al menos 1 error mayor (3) D = al menos 1 error crítico (1) E = al menos 1 error de bloqueo (0)	E	0	D	1
2	Seguridad (<i>vulnerability</i>)	A = 0 Vulnerabilidades (5) B = al menos 1 vulnerabilidad menor (4) C = al menos 1 vulnerabilidad mayor (3) D = al menos 1 vulnerabilidad crítico (1) E = al menos 1 vulnerabilidad de bloqueo (0)	A	5	C	3
3	Mantenibilidad (<i>code smells</i>)	A = <= 5% del tiempo de la aplicación empleado (5) B = entre 6 a 10% (4) C = entre 11 a 20% (3) D = entre 21 a 50% (1) E = sobre el 50% (0)	A	5	A	5
Puntaje Alcanzado				10		9
Puntaje Máximo				15		15
Calidad Interna (IQ)				66,67%		60,00%

Tabla 29: Evaluación de la Calidad Interna (Fuente: Elaboración propia)

5.3. Evaluación de la calidad en uso

5.3.1. Estructura de evaluación de calidad en uso

5.3.1.1. Evaluación de la Calidad en Uso

Considerando los aspectos a evaluar en la calidad en uso (Tabla 27: Aspectos a evaluar en la Calidad en Uso) y la presencia de la muestra del personal evaluador

en un ambiente adecuado se realizó la evaluación, con una duración aproximada de cinco horas, desde la inducción presencial hasta la evaluación completa, los evaluadores contaron con los usuarios de prueba y contraseñas para acceder a las plataformas, además de los cuestionarios propuestos. Los softwares SHAREX y *Online-Stopwatch* se encontraban preparados y listos para iniciar su ejecución.

El resultado de dicha evaluación se resume en las siguientes tablas:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN USO DE LA EMPRESA A”						
Aspectos	Usu1	Usu2	Usu3	Usu4	Usu5	Promedio
Número de aspectos a evaluar	5	5	5	5	5	5
Número de aspectos evaluados	3	3	3	3	3	3
Eficacia %	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%
Tiempo	Usu1	Usu2	Usu3	Usu4	Usu5	Promedio
Aspecto 1						
Aspecto 2	00:00:36	00:01:13	00:01:50	00:01:23	00:02:24	00:01:29
Aspecto 3	00:01:16	00:00:43	00:01:19	00:01:34	00:00:50	00:01:08
Aspecto 4	00:01:58	00:02:38	00:04:54	00:03:29	00:02:05	00:03:01
Aspecto 5						
Promedio	00:01:17	00:01:31	00:02:41	00:02:09	00:01:46	00:01:53
Promedio en minutos	1,28	1,52	2,68	2,15	1,77	1,88
Eficiencia % / minuto	46,75%	39,56%	22,36%	27,91%	33,96%	31,91%
Resultados PSSUQ	Usu1	Usu2	Usu3	Usu4	Usu5	Promedio
Utilidad del Sistema	2,63	3,25	3,25	6,13	2,13	3,48
Calidad de Información	4,43	4,29	4,14	5,86	3,86	4,51
Calidad de Interfaz	2,67	2,67	3,00	4,33	2,33	3,00
Satisfacción global	3,32	3,58	3,53	5,74	2,84	3,80
Preguntas PSSUQ	Usu1	Usu2	Usu3	Usu4	Usu5	Promedio
1	3	4	4	7	2	4
2	3	5	3	6	2	3,8
3	2	3	3	7	2	3,4
4	2	2	3	6	2	3
5	2	6	3	7	2	4
6	3	3	3	6	2	3,4
7	3	1	3	6	2	3

8	3	2	4	4	3	3,2
9	3	6	6	6	6	5,4
10	5	3	5	6	3	4,4
11	4	7	4	6	6	5,4
12	5	6	4	6	3	4,8
13	6	2	4	6	3	4,2
14	5	4	3	6	3	4,2
15	3	2	3	5	3	3,2
16	2	1	3	5	2	2,6
17	3	1	3	4	2	2,6
18	3	6	3	4	3	3,8
19	3	4	3	6	3	3,8

Tabla 30: Evaluación de la Calidad en Uso EMPRESA A (Fuente: Elaboración propia)

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN USO DE EMPRESA B”						
Evaluación de eficacia	Usu1	Usu2	Usu3	Usu4	Usu5	Promedio
Número de aspectos a evaluar	5	5	5	5	5	5
Número de aspectos evaluados	5	5	5	5	5	5
Eficacia %	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Evaluación de eficiencia	Usu1	Usu2	Usu3	Usu4	Usu5	Promedio
Aspecto 1	00:01:51	00:02:02	00:03:10	00:02:19	00:02:55	00:02:27
Aspecto 2	00:00:45	00:01:01	00:01:04	00:01:25	00:01:01	00:01:03
Aspecto 3	00:00:26	00:01:46	00:02:37	00:01:36	00:01:39	00:01:37
Aspecto 4	00:00:38	00:02:20	00:02:00	00:02:34	00:02:10	00:01:56
Aspecto 5	00:01:47	00:01:37	00:06	00:02:26	00:06:15	00:03:38
Promedio	00:01:05	00:01:45	00:02:59	00:02:04	00:02:48	00:02:08
Promedio en minutos	1,08	1,75	2,98	2,07	2,80	2,14
Eficiencia % / minuto	92,31%	57,14%	33,52%	48,39%	35,71%	46,80%
Resultados PSSUQ	Usu1	Usu2	Usu3	Usu4	Usu5	Promedio
Utilidad del Sistema	2,75	1,13	1,88	1,25	1,00	1,60
Calidad de Información	3,00	1,71	1,57	1,57	1,00	1,77
Calidad de Interfaz	3,00	1,33	1,33	2,67	1,00	1,87
Satisfacción Global	2,89	1,37	1,63	1,63	1,00	1,71

Preguntas PSSUQ	Usu1	Usu2	Usu3	Usu4	Usu5	Promedio
1	3	1	2	1	1	1,6
2	3	1	2	1	1	1,6
3	3	1	2	1	1	1,6
4	3	1	2	2	1	1,8
5	2	1	2	1	1	1,4
6	3	2	2	1	1	1,8
7	2	1	2	1	1	1,4
8	3	1	1	2	1	1,6
9	3	1	1	1	1	1,4
10	3	1	2	1	1	1,6
11	3	2	1	2	1	1,8
12	3	2	2	2	1	2
13	3	2	2	2	1	2
14	2	2	2	1	1	1,6
15	4	2	1	2	1	2
16	3	1	1	3	1	1,8
17	3	1	1	2	1	1,6
18	3	2	2	3	1	2,2
19	3	1	1	2	1	1,6

Tabla 31: Evaluación de la Calidad en Uso EMPRESA B (Fuente: Elaboración propia)

5.3.1.2. Resultados de le evaluación de la Calidad en Uso

El análisis de los resultados obtenidos, luego de la medición de cumplimiento de los aspectos evaluados, el tiempo estimado por cada uno de ellos y la satisfacción que dio como resultado los cuestionarios son:

○ EMPRESA A

Eficacia: No se pudieron realizar todos los aspectos a evaluar, el primer aspecto que consiste en Ingreso a Modalidades de admisión no se pudo realizar debido a que no existía una opción para realizarla, en la reunión se contactó con el soporte técnico de la EMPRESA A, quien indicó que la versión de prueba no contenía dicha funcionalidad. Por otro lado, en el último aspecto Apertura de Grupos/Secciones para el semestre de prueba no se pudo realizar pese a que existía la opción en el sistema, debido a que no permitía el registro. La eficacia

promedio de uso del sistema es de 60% y coincide en todos los usuarios ya que la totalidad realizaron tres (03) tareas de las cinco (05) encomendadas.

Eficiencia: El promedio de duración por tarea es de un minuto con cincuenta y tres segundos o 1.88 minutos, y que el porcentaje de tarea realizada es de 31.91% por minuto.

Análisis de satisfacción: En cuanto a la percepción de Utilidad del Sistema, Calidad de Información y Satisfacción Global los evaluadores están más cercanos al desacuerdo, mientras en lo que se refiere a la Calidad de la Interfaz la puntuación está más cercana al óptimo.

- EMPRESA B

Eficacia: En este caso todos los aspectos se pudieron evaluar, la eficacia promedio del sistema es 100% y coincide en todos los usuarios ya que todos realizaron las cinco tareas encomendadas.

Eficiencia: El promedio de duración por tarea es de dos minutos con ocho segundos o 2.14 minutos, el porcentaje de tarea realizada por minuto es de 46.8% de tarea por minuto, se obtienen mejores índices de eficacia por usuario y promedio debido a que la eficiencia ha mejorado.

Análisis de satisfacción: Podemos apreciar que en cuanto a la percepción de Utilidad del Sistema, Calidad de Información, Calidad de Interfaz y Satisfacción Global los puntajes están más cercanos a uno (01) por lo que se infiere que en general hay satisfacción de los usuarios con el producto.

5.4. Evaluación global de la calidad

5.4.1. Presentación de resultados finales

De acuerdo a lo presentado en el numeral 4.2.2.3.1 “Construcción de la matriz de evaluación” y a la evaluación realizada en la Calidad Interna, Calidad Externa y Calidad en Uso, se presenta los resultados y los puntajes globales obtenidos:

		VALORES NORMALIZADOS		PUNTAJES	
Métricas	Factor	EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA A	EMPRESA B
Compleitud Funcional	6	0,6880	0,9550	4,1328	5,7300
Calidad Interna	6	0,6667	0,6000	4,0002	3,6000
Eficacia	3	0,6000	1,0000	1,8000	3,0000
Eficiencia	3	0,6818	1,0000	2,0455	3,0000
Utilidad del Sistema	3	0,5867	0,9000	1,7600	2,7000
Calidad de la Información	3	0,4150	0,8717	1,2450	2,6150
Calidad de la Interfaz	3	0,6667	0,8550	2,0000	2,5650
Satisfacción Global	3	0,5333	0,8817	1,6000	2,6450
Totales	30	48,402	70,683	18,5835	25,8550

Tabla 32: "Puntajes obtenidos luego de evaluar la calidad del producto de Software" (Fuente: Elaboración propia)

5.5. Análisis de resultados

La presente sección es concordante con la Fase 5: "Análisis de los resultados obtenidos" propuesta en el modelo de evaluación, a modo de contextualizar el análisis de resultados es importante tener claro el objeto de la evaluación: Asegurar que la adquisición de un software académico cuente con las condiciones de calidad requeridas. En la última fase del proceso se evaluó dos productos de softwares, entonces se desprende que, **el objetivo de la evaluación es la comparación de dos softwares académicos**, a cada software se realizó tres pruebas con diferentes herramientas y técnicas:

- Análisis del resultado de la Calidad Externa: De acuerdo a los requerimientos establecidos en los términos de referencia (Anexo 4) la revisión de cumplimiento de las noventa funcionalidades a cada software se dividió en dos pasos: (i) Formato de cumplimiento de funcionalidades emitido por cada empresa postora, el formato fue presentado formalmente y firmado por un representante de la consultora

postulante. (ii) Verificación y validación de cumplimiento de funcionalidades, por parte de equipos del Ministerio de Educación y Unidad Ejecutora. Esta doble validación ayudó a verificar la completitud de funcionalidades desarrolladas y en producción hasta el momento de la evaluación.

Conforme a lo establecido en la Tabla 28: Resultado de la evaluación de la calidad externa, la Empresa A obtuvo como resultado 68.8% y la Empresa B obtuvo como resultado 95.5%, los resultados son claros y no se prestan a interpretación ya que es el nivel de cumplimiento de cada empresa postora según lo solicitado por los adquirentes.

- Análisis del resultado de la Calidad Interna: Conforme a la estrategia establecida para la evaluación de la Calidad Interna, debido a que los adquirentes/evaluadores no contaban con acceso a la totalidad del código fuente, las empresas postoras instalaron en un servidor de pruebas el *SonarQube Community* con el fin de obtener el reporte emitido por la herramienta indicada y así evaluar la Fiabilidad (*bugs*), Seguridad (*vulnerability*) y Mantenibilidad (*code smells*) obteniendo el siguiente resultado:
 - Fiabilidad:
 - La Empresa A obtuvo al menos un error de bloqueo (0 puntos)
 - La Empresa B obtuvo al menos un error crítico (1 punto)
 - Seguridad:
 - La Empresa A obtuvo cero vulnerabilidades (5 puntos)
 - La empresa B obtuvo al menos una vulnerabilidad mayor (3 puntos)
 - Mantenibilidad:
 - La empresa A obtuvo un resultado menor o igual a 5%, que hace referencia a la cantidad de tiempo que se tardaría en mejorar algunos detalles en la codificación del software. La empresa B obtuvo el mismo resultado. Este es un buen indicador ya que confirma que ambos softwares fueron desarrollados con buenas prácticas.

Ponderando el total de la puntuación máxima de quince (15) puntos con el resultado de la Empresa A, diez (10) puntos y la Empresa B, nueve (09) puntos; el porcentaje de evaluación de la Calidad Interna en los productos de software es: Empresa A el 66.67% y Empresa B el 60%, de acuerdo al objetivo de la evaluación, que es la comparación de ambos softwares propuestos este resultado servirá de insumo para la evaluación global de la calidad, no obstante, un resultado mayor al 60% es un rango aceptable en la calidad interna de un software.

- Análisis del resultado de la Calidad en Uso: Contando con el compromiso de adquirentes y personal técnico interesados en la adquisición del software académico, además de contar con el ambiente adecuado, herramientas y equipos instalados se realizó la evaluación de la Calidad en Uso:

- En relación a la eficacia: Que evalúa la tasa de finalización de tareas con o sin asistencia se desprende que todos los evaluadores lograron realizar los aspectos disponibles en la Empresa A, dos aspectos no estuvieron disponibles, por lo tanto, no se pudieron evaluar y el porcentaje promedio de eficacia de dicha empresa fue de 60%.

La empresa B si tenía disponible los cinco aspectos a evaluar y todos los evaluadores lograron realizar cada uno de ellos sin asistencia, por lo tanto, el promedio de la eficacia es del 100%.

- En relación a la eficiencia de los aspectos evaluados, que se relaciona con el tiempo empleado para completar la tarea, se puede analizar que:

En la empresa A, de los tres (03) aspectos evaluados, el promedio en minutos en realizar cada tarea varía entre 1,28 y 2,68 minutos, dando como resultado un promedio de 1,88 minutos por lo que el porcentaje de la eficiencia por minuto promedio es de 31,91%.

En la empresa B, de los cinco (05) aspectos evaluados, el promedio en minutos en realizar cada tarea varía entre 1,08 y 2,98 minutos por lo que el porcentaje de la eficiencia por minuto promedio es de 46,80%

- En relación a la satisfacción del uso del software académico de cada empresa, los resultados se obtuvieron del cuestionario PSSUQ en el rango establecido y respondido por los evaluadores luego de completar los aspectos técnicos, estos valores promedios se evaluarán en la matriz de calidad global:

RESULTADOS DE LA EMPRESA A:

- Utilidad del sistema (SYSUSE), el promedio de puntaje de acuerdo a las preguntas respondidas del 1 al 8 es de 3,48.
- Calidad de información (INFOQUAL), el promedio de puntaje de acuerdo a las preguntas respondidas del 9 al 17 es de 4,51.
- Calidad de la interfaz (INTERQUAL), el promedio de puntaje de acuerdo a las preguntas respondidas del 16 al 18 es de 3,00
- Satisfacción Global (OVERALL), el promedio de puntaje de acuerdo a las preguntas respondidas del 1 al 19 es de 3,80

RESULTADOS DE LA EMPRESA B:

- Utilidad del sistema (SYSUSE), el promedio de puntaje de acuerdo a las preguntas respondidas del 1 al 8 es de 1,60.
- Calidad de información (INFOQUAL), el promedio de puntaje de acuerdo a las preguntas respondidas del 9 al 17 es de 1,77.
- Calidad de la interfaz (INTERQUAL), el promedio de puntaje de acuerdo a las preguntas respondidas del 16 al 18 es de 1,87.
- Satisfacción Global (OVERALL), el promedio de puntaje de acuerdo a las preguntas respondidas del 1 al 19 es de 1,71

Se recuerda que el cuestionario de satisfacción utiliza la escala de Likert (Likert, 1932) donde se presenta la escala del 1 al 7, donde el número uno representa

total acuerdo y el número siete representa total desacuerdo; considerando ese aspecto la EMPRESA B ha obtenido mejor valoración que la empresa A, de acuerdo al promedio de las encuestas.

- En relación a la evaluación global de la calidad, considerando la fórmula de cálculo propuesto en la Tabla 25: Matriz de Matriz de la Calidad propuesta, se obtienen los puntajes totales luego de aplicar el factor a los valores normalizados, se obtiene la siguiente puntuación final:

- EMPRESA A: 18,5907 puntos
- EMPRESA B: 25,8850 puntos

De acuerdo a la estimación total del puntaje máximo técnico del proceso de adquisición (30%), y si adecúa al porcentaje técnico a cada puntaje final obtenido, se concluye que la EMPRESA A ha obtenido 18,6% y la empresa B ha obtenido 25,9% de la oferta técnica.

6. CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Luego de realizada la evaluación, podemos afirmar que se ha cumplido el objetivo de lograr evaluar la calidad de los productos presentados en el proceso de adquisición del Sistemas de Gestión Académica para Universidades (SIGAU), además se ha logrado asignar un puntaje que determine cuantitativamente el nivel de calidad de cada uno de los productos de softwares propuestos en el proceso de adquisición.

Por otro lado, se logró realizar satisfactoriamente la matriz integrada de evaluación e incluso se logró aplicarla con personal especializado y usuarios del producto de software, esta herramienta logró justificar técnicamente la adquisición de software aplicando la Norma ISO/IEC 25000n, que toman como pilares las Normas ISO/IEC 9126 y la ISO/IEC 14598, este proceso fue supervisado directamente por el Banco Interamericano de Desarrollo y el Ministerio de Educación.

Luego de la evaluación global de la calidad a ambos softwares, el porcentaje de propuesta técnica de cada software fue: EMPRESA A 18,6% y EMPRESA B 25,9% de un total de 30%

6.2. Recomendaciones

De acuerdo a la propuesta y el resultado de la investigación se recomienda:

- Poner a disposición la matriz de evaluación generada con el fin de complementar la adquisición y la evaluación de productos de software con código abierto.
- Poner a disposición los artefactos y procesos utilizados con el fin de fortalecer y contar un respaldo técnico adicional a los procesos de adquisiciones, asegurando la correcta inversión en las compras de software del Estado.
- Se espera que la adquisición de un software académico en producción, que puede ser cualquier tipo de software, agilice el proceso de implementación esperada. Las

necesidades cambian en el tiempo y esto permitiría reducir la brecha tecnológica en corto tiempo.

- La presente evaluación de calidad fue utilizada para el proceso de adquisición de un software académico, no obstante, se recomienda realizar una evaluación más exhaustiva de la Calidad Interna en relación al uso de recursos computacionales en un ambiente real, pruebas de rendimiento, stress, esfuerzo, pen testing, análisis de seguridad, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade de Oliveira, J. (2012). *ABNT NBR ISO/IEC 25000:2008*. Square Guide.
- BID. (03 de 2011). *LA ADQUISICIÓN DE OBRAS Y BIENES*. Obtenido de <https://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/la-adquisicion-de-obras-y-bienes>
- BID. (05 de 2019). *Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos*. Obtenido de Documento Estandar de Licitación Sistemas Informáticos GN2349-15: <https://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZSHARE-1132444900-23307>
- BID. (1 de 1 de 2020). *Documentos Estándar de Adquisiciones*. Obtenido de GN-2349-15 / GN-2350-1: <https://projectprocurement.iadb.org/es/documentos>
- De Marco, T. (1982). *Controlling software projects*. Yourdon Press Prentice-Hall.
- Diario El Peruano*. (19 de 12 de 2018). Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1724739-1>
- Dominguez, R. (2016). *Aplicación de métricas de calidad en uso utilizando la ISO 9126 para determinar el grado de satisfacción del Sistema Único de Matrícula*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/6704>
- Esaki, K. (2023). *System Quality Requirement and Evaluation: Importance of application of the ISO/IEC25000 series. Global Perspectives on Engineering Management*.
- Francisco José Pino Correa, M. P. (2014). *Modelo de madurez de ingeniería del software*. Genova: AENOR.
- Galán Valdez, J. D. (2022). *Definición y evaluación de un modelo de calidad en uso para la agenda de la intranet de la Universidad Lim-Rho basado en la familia de normas ISO/IEC 25000. Tesis (Ingeniero Informático)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21548/GALAN_VALDEZ_JOSE_DEFINICION_EVALUACION_MODELO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Garvin, D. A. (15 de 10 de 1984). What does “Product Quality” really mean? *MITSloan*. Obtenido de <https://sloanreview.mit.edu/article/what-doesproduct-quality-really-mean/6>
- GOB.EC. (09 de 2022). *ADQUISICIÓN DEL NUEVO SISTEMA SOFTWARE DE MANEJO INTEGRAL DE GESTIÓN MINERA*. Obtenido de <https://www.recursoyenergia.gob.ec/adquisicion-del-nuevo-sistema-software-de-manejo-integral-de-gestion-minera/>
- González Reyes, A., Andre Ampuero, M., & Hernández González, A. (2015). Análisis comparativo de modelos y estándares para evaluar la calidad del producto de software. *Revista Cubana de Ingeniería*. Obtenido de <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/411>
- González, M. A. (2002). *Evaluando la Calidad de Métodos para el Diseño de Aplicaciones Web. I Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software*.

- Gutiérrez Vizcarra, O. R. (2017). *La exportación de servicios en el Perú: realidad y perspectivas*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- IEEE. (1991). *IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*.
- IEEE-729. (18 de 02 de 1983). *Glosario estándar IEEE de terminología de ingeniería de software*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7435207>
- ISO 9126-1. (2001). *Software engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/22749.html>
- ISO-14598-1. (1999). *Information technology. Software product evaluation - part 1: general overview*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/24902.html>
- ISO-14598-2. (2000). *Software engineering - Product evaluation - part 2: planning and management*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/24903.html>
- ISO-14598-3. (s.f.). *Software engineering - Product evaluation - part 3: proccess for developers*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/24904.html>
- ISO-14598-4. (1999). *Software engineering - Product evaluation - part 4: proccess for acquirers*. Obtenido de Organización Internacional de Normalización
- ISO-14598-5. (1998). *Information technology - Software product evaluation - part 5: proccess for evaluators*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/24906.html>
- ISO-14598-6. (2001). *Software engineering - product evaluation - part 6: documentation of evaluation modules*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/24907.html>
- ISO25000. (2014). *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/64764.html>
- ISO25010. (03 de 2011). <https://www.iso.org/>. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/35733.html>
- ISO-25010. (s.f.). *ISO/IEC 25010*. Obtenido de <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- ISO2501n. (s.f.). *División de Modelo de Calidad. ISO 25000*. Obtenido de <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/7-iso-iec-2501n>
- ISO25023. (2016). *ISO.ORG*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/35747.html>
- ISO25024. (2014). *ISO.ORG*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/35749.html>
- ISO2502n. (s.f.). *División de Medición de Calidad. ISO25000*. Obtenido de <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/8-iso-iec-2502n>

- ISO25040. (2011). *iso.org*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/35765.html>
- ISO25040. (s.f.). *ISO25000 calidad de software y datos*. Obtenido de [iso25000.com: https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25040](https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25040)
- ISO25041. (2012). *ISO.ORG*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/35766.html>
- ISO25042. (s.f.). *ISO 25000*. Obtenido de <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000?start=4>
- ISO25050-25099. (s.f.). *ISO 25000*. Obtenido de <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/12-iso-iec-25050-25099>
- ISO9126-1. (2001). *Software Engineering - Product quality. Part 1: Quality Model*. Ginebra: Secretaria General de ISO.
- ISO-9126-2. (2003). *Software engineering – Product quality – Part 2: External Metrics*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/22750.html>
- ISO-9126-3. (2003). *Software engineering – Product quality – Part 3: Internal Metrics*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/22891.html>
- ISO-9126-4. (2004). *Software engineering – Product quality – Part 4: Quality in Use Metrics*. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/39752.html>
- Lewis, J. R. (1995). IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 57-78.
- LeyUniversitaria. (09 de 07 de 2014). *Gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minedu/normas-legales/118482-30220>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. . *Archives of Psychology*, 22 140, 55.
- Mamani López, M. A. (2019). *Aplicación del Estándar ISO/IEC 25000 para la estimación de la calidad en uso del Sistema Académico Galileo asistente de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis (Ingeniero de Sistemas)*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5838/CT010_41543438.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- McCABE, T. J. (1976). A Complexity Measure. *IEEE Transactions on Software*, 308-320. Obtenido de <http://www.literateprogramming.com/mccabe.pdf>
- Mogrovejo, R. (2014). *EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE UN MODELO DE CALIDAD EN USO DEL PORTAL WEB DE LA BOLSA DE TRABAJO DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ BASADO EN LA NORMA ISO/IEC 25000 Y FAMILIA: Tesis de grado*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Narváez, M. E. (2020). Análisis de Desempeño entre MONGODB y COUCHDB utilizando Norma ISO/IEC 25000. *Revista Perspectivas*, 2(2), 13-20.
- Nielsen, J. (2006). *Usabilidad. Prioridad en el diseño web*. Anaya Multimedia.
- Norman, F., & Shari Lawrence, P. (1997). *Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach* (second edition ed.). London: International Thomson Computer Press.

- Olsina, L., & Rossi, G. (2002). Measuring Web Application Quality with WebQEM. *IEEE Multimed*, 9(4), 20-29.
- ONN. (2005). *Oficina Nacional de Normalización*. Obtenido de "Métricas externas" parte 2: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- PCM. (18 de 12 de 2018). *Gob.pe*. Obtenido de Decreto Supremo N.º 123-2018-PCM: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/265593/DS_N__123-2018-PCM.pdf?v=1546552624
- PMESUT. (10 de 06 de 2019). *Segunda convocatoria focalizada*. Obtenido de <https://www.pmesut.gob.pe/2daconvocatoria>
- Pombo, C., Ortega, G., Olmedo, F., Solalinde, M., & Cubo, A. (2019). *El ABC de la interoperabilidad de los servicios sociales: Marco conceptual y metodológico*. Banco Interamericano de Desarrollo. doi:<http://dx.doi.org/10.18235/0001834>
- Pressman, R. J. (2010). Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. En R. J. Pressman, *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico* (pág. 340). México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES.
- Rahman, A. (2020). *Quality Consideration for e-Learning System Based on ISO/IEC 25000 Quality Standard*. In undefined.
- Scalone, F. (2006). *Estudio comparativo de los modelos estándares de calidad del software. Tesis Ingeniería de Calidad*. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional Regional de Buenos Aires.
- ShareX. (s.f.). *ShareX Team*. Obtenido de <http://getsharex.com/>
- Stopwatch. (s.f.). *Online Stopwatch*. Obtenido de <https://www.online-stopwatch.com/>
- Tello, P. (abril de 2016). *Evaluación de calidad de un producto de software*. Obtenido de SEDICI: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/58934/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y

ANEXO 1

AFTER-SCENARIO QUESTIONNAIRE ASQ

Tarea	
Participante	

Fecha y Hora Inicio		Fecha y Hora Término	
---------------------	--	----------------------	--

	En general, estoy satisfecho con la facilidad de realizar esta tarea	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
	En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que me tardé en completar esta tarea	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
	En general, estoy satisfecho con la información de soporte (ayuda en línea, documentación, etc.) al completar esta tarea.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES

ANEXO 2

POST-STUDY SYSTEM USABILITY QUESTIONNAIRE (PSSUQ)

Participante	
Fecha y hora de Inicio	

1	En general, estoy satisfecho con lo fácil que es utilizar este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
2	Era fácil de utilizar este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
3	Podría completar eficazmente las tareas y escenarios que utilizan este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
4	Tuve la oportunidad de completar las tareas y escenarios rápidamente utilizando este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
5	Tuve la oportunidad de completar eficazmente las tareas y escenarios que utilizan este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
6	Me sentí cómodo con este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
7	Era fácil de aprender a utilizar este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
8	Creo que podría ser productivos rápidamente con este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
9	El sistema dio mensajes de error que me dice claramente cómo solucionar problemas.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
10	Siempre que he cometido un error con el sistema, que podría recuperar fácil y rápidamente.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
11	La información (por ejemplo, ayuda en línea, los mensajes que aparecen en pantalla y otra documentación) suministrado con este sistema era clara.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
12	Era fácil de encontrar la información que necesitaba.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
13	La información proporcionada por el sistema era fácil de entender.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
14	La información fue eficaz para ayudar a completar las tareas y escenarios	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES

15	La organización de la información en las pantallas del sistema era clara.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
16	La interfaz de este sistema era agradable.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
17	Me gustó el uso de la interfaz de este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
18	Este sistema cuenta con todas las funciones y capacidades que esperamos que tenga.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES
19	En general, estoy satisfecho con este sistema.	AC 1 2 3 4 5 6 7 DES

ANEXO 3

ASPECTOS A EVALUAR EN LA CALIDAD EN USO

1. Modalidades de Admisión. Se va a registrar en el sistema modalidades de admisión, preparar lo necesario para el ingreso sin inconvenientes de las modalidades de Admisión.

No.	Modalidad*	Código*	Tipo Prueba
1	SECUNDARIA Y BACHILLERATO	A	Normal
2	PRIMEROS PUESTOS	B	Normal
3	COMUNIDADES NATIVAS	C	Normal
4	DEPORTISTAS CALIFICADOS	D	Especial 1
5	TRASLADO INTERNO	E	Especial 2
6	TRASLADO EXTERNO NACIONAL	F	Especial 2
7	TRASLADO EXTERNO INTERNACIONAL	G	Especial 2

Todo dato adicional requerido que deba ser ingresado para la creación de la Modalidad debe ser informado. Las columnas marcadas con (*) son requeridas.

Cualquier tabla que requiera datos que sean necesarios para el registro de las Modalidades debe ser creada previamente por la empresa postora.

2. Registro de Escuelas Profesionales. Las Escuelas Profesionales que se van a registrar son:

No.	Escuela Profesional*	Código Propuesto*	Área	Facultad
1	Ingeniería Civil	IC	Ingeniería	Ingeniería
2	Ingeniería Agroindustrial	IA	Ingeniería	Ingeniería
3	Enfermería	EN	Salud	Medicina
4	Biología	BI	Ciencia Básica	Ciencias
5	Administración	AD	Administrativa	Administrativa
6	Ingeniería de Sistemas	IS	Ingeniería	Ingeniería
7	Medicina Humana	ME	Salud	Medicina

Todo dato adicional requerido que deba ser ingresado para la creación de las Escuelas Profesional debe ser informado. Las columnas marcadas con (*) son requeridas. Todas las carreras estarán asociadas a un único Local.

Cualquier tabla necesaria para el registro de las Escuelas Profesionales debe estar creada previamente y con datos. Por ejemplo: si se requiere una tabla para registrar las Áreas Académicas, la misma ya debe contener los datos necesarios para la definición de la Escuela Profesional.

3. Registro de Vacantes por Escuela y Modalidad de Admisión. Se van a registrar vacantes para algunos pares de escuela y modalidad.

Escuela Profesional*	Modalidad*	Vacantes*
Ingeniería Civil	Secundaria y Bachillerato	2
Ingeniería Agroindustrial	Secundaria y Bachillerato	2
Enfermería	Primeros Puestos	1

Biología	Comunidades Nativas	2
Administración	Traslado Interno	1
Medicina Humana	Secundaria y bachillerato	2
Ingeniería de Sistemas	Primeros Puestos	2

Todo dato adicional que deba ser ingresado para la creación de una vacante debe ser informado. Las columnas marcadas con (*) son requeridas.

Cualquier tabla necesaria para el registro de las Vacantes debe estar creada previamente y con datos.

4. Registro de Cursos correspondientes al Plan de Estudios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Registrar algunos cursos correspondientes al primer ciclo y segundo ciclo del plan (vigente y activo), se alcanza la relación de cursos a registrar:

Código Curso	Curso	Créditos	Pre Requerimiento	Tipo Dictado
IA.EG.19.101	Matemática Básica	4	--	Teoría = 2 horas Práctica = 4 horas
IA.EG.19.102	Biología General	3	--	Teoría = 2 horas Práctica = 2 horas
IA.EG.19.103	Física General	4	--	Teoría = 2 horas Práctica = 4 horas
IA.EG.19.104	Lenguaje y Comunicación I	3	--	Teoría = 2 horas Práctica = 2 horas
IA.EG.19.105	Desarrollo Personal y Social	3	--	Teoría = 2 horas Práctica = 2 horas
IA.EG.19.106	Cultura Altoandina y Realidad Nacional	3	--	Teoría = 2 horas Práctica = 2 horas

Código Curso	Curso	Créditos	Pre Requerimiento	Tipo Dictado
IA.EG.19.107	Taller de Deportes	2	--	Teoría = 0 horas Práctica = 4 horas
IA.EG.19.203	Química General	4	IA.EG.19.103	Teoría = 2 horas Práctica = 4 horas
IA.EG.19.204	Lenguaje y Comunicación II	3	IA.EG.19.104	Teoría = 2 horas Práctica = 2 horas
IA.EG.19.205	Responsabilidad Ciudadana	3	IA.EG.19.106	Teoría = 2 horas Práctica = 2 horas

Se asume que todos los cursos son **Obligatorios** y pertenecen al área curricular de **Estudios Generales**.

Cualquier tabla que se requiera debe ser previamente creada y debe contener datos. Por ejemplo: si se requiere mantener una tabla de Áreas Curriculares entonces esta ya debe contener el dato ESTUDIOS GENERALES. El plan de estudios también debe ser creado.

5. Apertura de Grupos/Secciones para el Semestre 20XX-1. Se van a crear las secciones correspondientes a los cursos del Plan 20XX-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Los horarios son los siguientes:

Curso	Sección	Capacidad	Tipo Dictado	Día	Inicio	Fin	Aula	Docente
IA.EG.19.101	1	20	Teoría	LUN	08:00	10:00	100	(1)
			Práctica	LUN	10:00	14:00	100	(1)
IA.EG.19.102	1	20	Teoría	MAR	08:00	10:00	100	(1)
			Práctica	MAR	10:00	12:00	100	(1)
IA.EG.19.103	1	20	Teoría	MIE	08:00	10:00	100	(1)

Curso	Sección	Capacidad	Tipo Dictado	Día	Inicio	Fin	Aula	Docente
			Práctica	MIE	10:00	14:00	100	(1)
IA.EG.19.104	1	20	Teoría	JUE	08:00	10:00	100	(1)
			Práctica	JUE	10:00	12:00	100	(1)
IA.EG.19.105	1	20	Teoría	VIE	08:00	10:00	100	(1)
			Práctica	VIE	10:00	12:00	100	(1)
IA.EG.19.106	1	20	Teoría	VIE	14:00	16:00	100	(1)
			Práctica	VIE	16:00	18:00	100	(1)
IA.EG.19.107	1	20	Práctica	SAB	08:00	12:00	100	(1)

Los horarios corresponden a los cursos definidos en el numeral anterior. Todos los datos mostrados son requeridos, se asume que el periodo semestral ya ha sido definido en el sistema y que la hora pedagógica es de 60 minutos.

Cualquier tabla que se requiera debe ser previamente creada y contener los datos necesarios.

(1) Se requiere que tenga registrados al menos 3 docentes ficticios.

ANEXO 4

MATRIZ DE ALCANCE DEL SISTEMA ACADÉMICO PARA UNIVERSIDADES

N°	PROCESO	CUMPLE (SI o NO)
PARAMETRIZACIÓN		
1	Definir los parámetros de la estructura jerárquica de control con niveles 1 para Universidad, nivel 2 para Facultad, nivel 3 para Escuela Profesional, nivel 4 para carreras, pudiéndose crear más niveles de acuerdo a necesidad. Ejemplo: nivel 1 control 1 Universidad (999), Nivel 2 control 2 Facultad (999), nivel 3 control 3 Escuela Profesional (99), Nivel 4 control 4 Periodo académico (99).	
2	Facultades y/o escuelas profesionales: Esta opción debe permitir crear las facultades de la institución y añadir las carreras por cada facultad, los datos de la carrera deben contener el nombre de la carrera, descripción de la carrera, duración, nombre de la carrera de acuerdo al clasificador INEI (incluye la codificación: campo educación, campo específico, campo familia, campo carrera, nivel de estudio), fecha de creación, entre otros. Para la facultad debe contener el nombre de la facultad, tipo (pre grado, posgrado), fecha de creación, entre otros. Las carreras deben estar asociados al local.	
3	Periodos académicos: Esta opción debe permitir crear los diferentes periodos académicos, de acuerdo a los procesos existentes admisión, matrícula, seguimiento del egresado y otros.	
4	"Reglas de negocio" para la aprobación de asignaturas y carreras que resultan en la obtención de un título o diploma	
5	Gestión de certificaciones de cursos aprobados y otorgamiento títulos	
6	Sedes y filiales: Esta opción debe permitir crear las sedes o filiales de la Universidad, integrar datos si la universidad cuenta con un software externo donde se encuentra la planimetría de las sedes. Los campos principales son: i. Nombre de la sede ii. Ubigeo (ubicación geográfica) iii. Dirección	
7	Locales: Esta opción debe permitir crear los locales asociados a las sedes o filiales creados previamente, los datos principales son: nombre del local, ubigeo, dirección, tipo de uso (administrativo, académico, ambos, investigación), tipo de local, latitud, longitud y otros.	
8	Ambientes: Esta opción debe permitir crear los ambientes asociados a un local, indicando en que pabellón y piso se encuentra, asimismo debe indicar tipo de ambiente (pueden ser aulas, laboratorios u otros), capacidad, entre otros	
9	Tablas generales o maestras: Esta opción debe permitir agregar y editar todos los atributos de las tablas generales o datos comunes.	
10	Gestionar de credenciales: Esta opción debe permitir generar todos los usuarios, perfiles y roles con los accesos establecidos por la universidad. Se valorará si el sistema cuenta con un módulo de legajo de personal. i. Perfiles: Esta opción te permite crear perfiles con los diferentes accesos a las opciones del sistema como administrador ii. Roles: Permite asignar los roles al usuario creado previamente. iii. Usuarios: Permite asignar al usuario el tipo de perfil creado previamente, asimismo permite indicar a que facultad pertenece.	
GESTIÓN DE ADMISIÓN		
11	Periodos de Admisión: Esta opción debe permitir registrar los periodos con las diferentes modalidades de admisión (ordinario, primeros puestos, deportistas calificados, etc.), tiene un inicio y un fin por cada proceso de admisión. Asimismo, debe ser configurable para que la universidad establezca sus fechas de acuerdo a su cronograma.	
12	Modalidades de Admisión: Esta opción debe permitir crear las modalidades de admisión de acuerdo al tipo de modalidad, normal, por el centro preuniversitario, becados, convenios, traslado externo, traslado interno, deportistas calificados, personas con discapacidad, víctimas de terrorismo etc.	
13	Registro del calendario de examen de admisión: Esta opción debe permitir crear las fechas que se realizarán el examen de admisión (regular, extemporánea), de acuerdo a la modalidad.	
14	Registro de requisitos por modalidad: Esta opción debe permitir asignar los requisitos a cada modalidad de admisión con la opción de obligatoriedad u opcional.	
15	Registro de vacantes: Esta opción debe permitir asignar las vacantes según la carrera ofertada y por modalidad.	
16	Distribución de aulas para el examen de admisión: Esta opción debe permitir distribuir las aulas asignadas para el examen de admisión asociadas a las carreras y modalidades de admisión. Y emitir los reportes necesarios.	
17	Registro de docentes evaluadores para el examen de admisión: Esta opción debe permitir asignar al docente al aula de forma aleatoria, para el examen de admisión. Debe tener la opción de selección de los docentes de aula, jefes de sección y coordinadores, en base a ciertos perfiles.	
18	Captura de datos personales del postulante: Esta opción debe permitir al postulante inscribirse de forma presencial o de forma virtual, registrando los siguientes datos: • El sistema debería permitir realizar el pago de la boleta de admisión, validar con el banco o conectarse con el banco automáticamente • Datos personales, este módulo se comunicará con la plataforma de interoperabilidad (RENIEC y MINEDU) donde al validar el pago de boleta de admisión y su DNI cargará sus datos automáticamente.	

N°	PROCESO	CUMPLE (SI o NO)
	- Datos de egreso de educación básica, este módulo se comunicará con la plataforma de interoperabilidad (MINEDU) donde validará el egreso y la institución secundaria de manera automática. - Requisitos adicionales estándares requeridos por la universidad. - Considerar la inscripción de postulantes exonerados. - Datos del apoderado. - Emisión en formato impreso del carné de postulante y/o declaración jurada si corresponde.	
19	Seguimiento o control del postulante inscrito: Esta opción debe permitir verificar el estado de los inscritos vía online o presencial y emitir algunos reportes de acuerdo a la necesidad. - Para que el postulante se considere como inscrito, deberá registrarse (datos personales, admisión, apoderado, laborales), cumplir con los requisitos y el pago. - El pago cambiará de estado de forma automática, una vez realizado el pago por la web o de forma presencial.	
20	El sistema debe permitir cargar de la información de las fichas de identificación de los alumnos que rindieron el examen de admisión en cada universidad ganadora, a través de los equipos lectoras de tarjetas para procesos masivos en lote. Emitiendo reporte para la consistencia y cuadre.	
21	Proceso de carga de las respuestas emitidas por los alumnos que rindieron el examen de admisión en el formato que la universidad disponga, garantizando la seguridad en el procesamiento de resultados. En el caso que la universidad cuente con un sistema de revisión de respuestas, y así lo requiera, integrar ese módulo al SIGAU.	
22	Proceso masivo de calificación con las respuestas según el tipo de examen.	
23	Listado de ingresantes y la puntuación obtenida clasificado paramétricamente.	
24	Emisión de constancia de ingreso vía internet (en formato digital con certificado digital)	
25	Proceso masivo de carga de ingresantes. Esta opción debe permitir trasladar a los ingresantes de forma automática a un estado de estudiantes aptos que alcanzaron la vacante para iniciar el proceso de matrícula.	
26	Examen por el centro preuniversitario - proceso de admisión en varias etapas. Este proceso se realiza para evaluar a los alumnos que aspiran al ingreso directo que estudian en el centro de preparación preuniversitaria, que consiste en varios exámenes parciales y acumulativos (promedio 4 exámenes).	
GESTIÓN ACADÉMICA		
27	Registro de planes de estudios: Esta opción debe permitir crear los planes de estudios, agregando facultad, carrera (Especialidad), modalidad, fecha de aprobación, número de ciclos, los cursos previamente registrados, con los datos horas de teoría y práctica, créditos, tipo (obligatorio, electivo), tipo de formación (específicos, generales, especialidad), estado, entre otros. Asimismo, dentro de esta opción, se puede asignar el curso de prerrequisito, asignar el curso equivalente y el sistema de calificación. Además de soportar las equivalencias entre planes de estudios.	
28	Registro de los cursos: Esta opción debe permitir crear todos los cursos asociados a la carrera. Los campos recomendados son: Código de curso, nombre, planes de calificación (examen parcial, examen final, practicas, laboratorio, entre otros) y el estado.	
29	Registro de docentes y personal administrativo. Esta opción debe permitir registrar los docentes y personal administrativo, con los datos generales, académicos, sobre experiencia laboral, entre otros (De preferencia el Módulo de legajo de personal debe ser transversal en todo el sistema).	
30	Registro de horas lectivas. Esta opción debe permitir crear las horas que se dictará en la semana (De preferencia un módulo adicional de carga académica por coordinador y docente de cada curso).	
31	Horarios y secciones: Esta opción debe permitir asignar al curso el aula, el docente, el turno, según las carreras y sus planes de estudios.	
32	Gestionar calendarios requisitos y criterios de matrícula. En esta sección se coloca los parámetros que seguirá el sistema para permitir el registro de los matriculados, según los criterios establecidos por la universidad.	
33	Registro de costos por carrera: Esta opción debería permitir realizar la vinculación del maestro de tarifas y costos por cada escuela profesional. El registro es los costos de matrícula, costos de pensión y costos anuales por carrera.	
GESTIÓN DEL ESTUDIANTE		
34	Datos generales: Esta opción debe permitir actualizar o completar algunos datos personales que no fueron ingresados durante el proceso de Admisión.	
35	Cursos y notas: Esta opción debe permitir ver al estudiante los cursos de su semestre actual con el horario respectivo, asistencia y las notas registradas por los docentes.	
36	Historial Académico: Esta opción debe poder listar todos los registros de matrícula realizados en los diferentes periodos y poder ver su boleta de notas, horarios, pagos si existiera	
37	Pagos: Esta opción debe permitir ver al estudiante todo el historial de pagos desde que accedió al proceso de admisión y por cada periodo.	
38	Trámites: Esta opción debe permitir al estudiante y/o egresado realizar algún trámite y realizar el seguimiento de su solicitud (fecha de atención y estado de atención). Así como, información de rectificación de matrícula, reserva de matrícula, reingreso, convalidación de cursos, traslados internos y externos diferentes reportes deben ser recibidos por el interesado a través de una aplicación móvil o a su correo electrónico.	
39	Seguridad: Esta opción debe permitir al estudiante cambiar su contraseña si lo requiere obedeciendo las políticas del módulo de seguridad del sistema.	
40	Nueva matrícula o matrícula presencial. - El ingresante o alumno regular se acerca al área de registros académicos u otra área similar que realice la matrícula, tras cumplir los requisitos previos	

N°	PROCESO	CUMPLE (SI o NO)
GESTIÓN DEL ADMINISTRADOR		
41	Registro de diferentes solicitudes o trámites que realizan los estudiantes, tales como: matrícula de ingresantes, matrícula regular, rectificación de matrícula, reserva de matrícula, matrícula de rezagados, reingreso.	
42	Cambio de plan de estudios: Esta opción debe permitir al administrador registrar la solicitud del cambio de plan de estudios del alumno y a su vez realizar los cambios si la solicitud fue aprobada con la respectiva documentación que respalde.	
43	Cambio del estado del alumno. - Esta opción debería permitir atender la solicitud de retiro, reserva, reincorporación, retiro temporal y los diferentes estados que puedan existir.	
44	Convalidación de cursos. - Esta opción debería permitir al administrador ejecutar la convalidación solicitada, siempre y cuando registre el sustento aprobatorio	
45	Traslado interno. - Esta opción debería permitir al administrador transferir al alumno de una carrera a otra, que incluiría la respuesta de la solicitud.	
46	Reportes. - Esta opción debería permitir al administrador imprimir todos los reportes académicos del alumno (récord académico, plan de estudios, historial académico, lista de todos los cursos, entre otros)	
47	Rectificación de notas. - Esta opción debería permitir al administrador realizar la rectificación de notas, de acuerdo a la aprobación de la solicitud del alumno.	
48	Asistencia. - Esta opción debería permitir al administrador ver estadísticos del reporte de asistencia por curso, por alumno.	
49	Seguimiento al estudiante. - Esta opción debería poder listar todos los registros de matrícula para poder ver su boleta de notas, horarios, asistencia, pagos si existiera, cumplimiento del llenado de la ficha socio económica y examen médico.	
MATRÍCULA		
50	El ingresante y/o alumno regular debería iniciar las gestiones para realizar su matrícula, teniendo dos rutas para realizar esta actividad, en línea o presencial. • Visualizando los cursos aptos para la matrícula o reporte de prematricula. • Validación de requisitos previos (falta pago, documentos adicionales, etc.) para completar la matrícula. • Si la matrícula es presencial, los requisitos previos se pueden validar y completar la matrícula. • En el proceso de selección de cursos, se puede visualizar y seleccionar los docentes y grupos, dicha selección debe validarse con los requisitos, prioridades establecidas por la facultad (cursos prerrequisitos, cursos repetidos). • Visualización en tiempo real de los cursos activos, grupos llenos, matrículas anteriores en el mismo curso, etc. • El sistema debe notificar si el estudiante ha seleccionado más créditos de los permitidos, según reglas de negocio de la facultad de la universidad. • Registrar matrícula y emitir un reporte o constancia de matrícula. (Para imprimir o enviar al correo electrónico)	
51	El sistema debe estar en la capacidad de generar reportes finales de: Constancia de matrícula, constancia de estudios, constancias de notas por curso, constancia de orden de mérito, constancia de egresado, constancia de no adeudar libros a la biblioteca, constancia de no adeudar bienes y/o dinero a la facultad.	
GESTIÓN DEL DOCENTE		
52	Es recomendable que este sistema se comunique o comparta información de un sistema de recursos humanos, si es que la universidad contara con uno. Para asegurar no solo los datos básicos del docente, sino sus datos de formación, autoría de artículos, investigaciones realizadas, etc.	
53	El docente podrá acceder a su intranet en el que tiene la opción de registrar las notas de acuerdo a los cursos asignados y el sistema de evaluación asignado a cada plan de estudios.	
54	a) Datos generales. - Esta opción permite actualizar su legajo personal, datos personales, datos académicos y datos laborales	
55	b) Registrar su asistencia, la asistencia y notas de los estudiantes	
56	c) Registro del avance de los temas asignados en cada curso, listar la asistencia de los estudiantes.	
57	d) Consulta de horarios	
58	e) Biblioteca. - El docente debe acceder al sistema de biblioteca.	
59	f) Reportes. - El docente debe imprimir los reportes de asistencia y de notas que requiere.	
60	g) Seguridad. - Esta opción permite al docente cambiar la contraseña si lo requiere.	
61	h) Registro de sílabos. - Esta opción debe permitir configurar las semanas y el contenido del sílabo. El sistema debe controlar el avance real versus lo programado en el syllabus.	
62	i) Registro de las evaluaciones. - Esta opción debe permitir crear las evaluaciones y el peso que tendrá cada evaluación. Asimismo, te permite crear las reglas que se requiera.	
GESTIÓN DE BIENESTAR UNIVERSITARIO		
63	Configuración del módulo de bienestar. - La universidad a través del administrador, permite configurar los tipos de becas que se brindarán a los alumnos, los tipos de seguro, tipos de examen médico, condición socioeconómica, etc.	
64	Gestión del módulo de bienestar. - El estudiante dispone en su intranet de la opción de registro en el módulo de bienestar universitario de lo siguiente: • Registro de ficha socioeconómica • Consultar el resultado de su solicitud de becas y otros. • Acceder a su ficha médica	

N°	PROCESO	CUMPLE (SI o NO)
GESTIÓN FINANCIERA O CAJA		
65	Si la universidad cuenta con un sistema centralizado de gestión financiera es recomendable configurar el intercambio de datos para garantizar la información confiable.	
66	Si el manejo financiero será a través del SIGAU, entonces considerar un módulo que se encarga de gestionar todos los conceptos de pago que se pueden asignar a los postulantes, alumnos, egresados de forma individual o masiva, que incluye el proceso de pago en el banco y su reporte a la universidad.	
67	Los requerimientos mínimos que debería tener son: a. Asignación de costos de matrícula y deuda al estudiante. - El estudiante tiene acceso a su historial de deudas y conceptos de pago por matrícula, según los ciclos académicos de estudios.	
68	b. Asignación de conceptos de pago individual. - Asignación, edición de las tarifas por alumno	
69	c. Generar archivo de pagos. - Genera la lista de los alumnos con diversos campos para enviar al banco para que cobren según los conceptos de pago o deuda contraída.	
70	d. Generar los pagos realizados en el banco. - Subir los archivos con el estado de pago y que se actualice de forma diaria en el sistema	
71	e. Reportes y consultas. - Cantidad de recaudación por carrera y otros.	
MODULO DE GESTIÓN DE TÍTULOS Y CERTIFICACIONES		
72	Debe permitir registrar las certificaciones, cursos brindados por la facultad, cursos de extensión universitaria, grado de egresado y títulos y universitarios. En todas las instancias correspondientes.	
GESTIÓN DE TUTORÍA		
73	Debe permitir seleccionar a los Docentes tutores de la relación de Docentes.	
74	Debe permitir realizar el control y seguimiento de la tutoría a los alumnos, especialmente a los que tienen cursos de repitencia por más de una vez. reportando permanente la performance del tutor y del tutorado.	
75	Debe permitir emitir reportes	
GESTIÓN DE ENCUESTAS		
76	Creación de formularios con una plantilla estándar que te permita cambiar la cabecera (subir una imagen), cambiar el pie de página y agregar las preguntas que se creen de forma dinámica	
77	Registrar las preguntas abiertas y cerradas	
78	Tipo de preguntas: Elección única, elección múltiple, elección múltiple con texto, ranking y escala.	
79	Configurar las condiciones requeridas.	
80	Reportes que permitan ver los resultados de las encuestas.	
81	Generación de URL para que permitan condicionar la aplicación de la encuesta algún proceso existente.	
GESTIÓN DE TRÁMITE DOCUMENTARIO		
82	Registrar trámites. - Esta opción te permitirá crear el trámite y asociar a una o más tarifas y requisitos necesarios para este trámite	
83	Registrar áreas. - Esta opción te permitirá registrar las áreas y responsables por área que darán atención a los trámites solicitados	
84	Configurar trámites. - Esta opción te permitirá vincular el trámite con el área que atenderá los trámites.	
85	Seguimiento de trámites. - Esta opción te permitirá consultar el estado del trámite por alumno y por estados "Pendientes", "Atendidos".	
GESTIÓN DE EGRESADOS		
86	Este módulo contiene la información de los egresados que la universidad establece bajo una regla determinada y pasa de forma automática a este módulo; permitirá la identificación de los egresados y la implementación de algunos mecanismos de seguimiento del egresado.	
87	Oportunidad Laboral: Este módulo consiste en el registro de las ofertas laborales, los que serán revisados por el administrador designado por la universidad, para publicarlas. Así mismo el administrador tendrá la opción de ver los postulantes a cada oferta y envío de los postulantes seleccionados a las empresas. Por último, la empresa tendrá la opción de registrar el estado del postulante "Apto" o "No Apto". Las opciones mínimas son: registro de las oportunidades laborales, administración de postulación a las oportunidades laborales, estado de la postulación.	
88	Oportunidad de becas: Este módulo consiste en el registro de las becas internacionales, los que serán revisados por el administrador designado por la universidad, para publicarlas posteriormente. Asimismo, el administrador tendrá la opción de ver los postulantes a las becas y envío de los postulantes seleccionados a las empresas. Por último, la entidad que financia la beca tendrá la opción de registrar el estado del postulante "Apto" o "No Apto". Las opciones mínimas son: registro de las becas, administración de postulación a las becas, estado de la postulación.	
89	Seguimiento del egresado con la modalidad de envío de encuestas: Este módulo consiste en el envío masivo de correos con las características: infografía con enlace de la encuesta web elaborada por el área de seguimiento de egresados de la universidad, con la finalidad de obtener la información actualizada del egresado en el transcurso del tiempo. Asimismo, el administrador designado por la universidad tendrá acceso a los resultados de las encuestas emitidas, pudiendo generar indicadores para la Universidad.	
90	Intranet y web del egresado: a) Datos generales. - El egresado podrá visualizar sus datos personales y de requerir algún cambio podría actualizar, siempre y cuando los datos sean editables.	

N°	PROCESO	CUMPLE (SI o NO)
	b) Oportunidades laborales y becas. - Esta opción debería permitir postular al egresado a una oferta laboral o beca de su interés. c) Biblioteca. - Esta opción debería permitir el acceso a la biblioteca. d) Historial académico. - Esta opción debería permitir acceder su récord académico (visualización) de la carrera que cursó en la universidad. e) Pagos. - Esta opción debería permitir acceder al historial de sus pagos realizados en la carrera. f) Trámite. - Esta opción debería permitir solicitar algún trámite académico y un reporte permanente del estatus de su trámite en correo electrónico o algún otro medio. g) Creación de la Comunidad virtual de egresados (<i>Landing Zone</i> - zona de aterrizaje), esta comunidad debe mantenerse conectado a través de las redes sociales a los egresados con la Universidad, creándose un círculo de profesionales.	