

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

**REVISIÓN DE HERRAMIENTAS Y ESTÁNDARES QUE SE USAN
PARA EVALUAR LA CALIDAD EN APLICACIONES EDUCATIVAS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

CARLOS DAVID PAREDES TELLO

carlos.paredes@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. ENRIQUE ANDRÉS LARCO AMPUDIA MSc.

andres.larco@epn.edu.ec

Quito, julio 2019

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Carlos David Paredes Tello**, bajo mi supervisión.

Ing. ENRIQUE ANDRÉS LARCO AMPUDIA MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, **Carlos David Paredes Tello**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Carlos David Paredes Tello

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios quien ha estado conmigo en todo momento, además, dedico mi proyecto de titulación a mis padres, quienes a lo largo de mi vida siempre con su esfuerzo y sabiduría supieron guiarme, formarme y han estado pendientes velando por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo sin dudar de mi inteligencia y capacidad permitiéndome así ser la persona que soy.

También de manera especial a mis abuelos José Tello y Juana Chacón quienes fueron los primeros en apoyarme para poder reforzar mis conocimientos y así poder acceder a la Universidad y alcanzar una meta más en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por darme la bendición de poder concluir con el presente trabajo, así como también a mis padres y hermanos que han permanecido junto a mí y han sido los principales ejes para mi vida estudiantil apoyándome y motivándome para culminar esta meta.

Además, a toda mi familia en especial abuelos y tíos que han estado pendientes de mi proceso estudiantil y guiándome en los negocios de la vida.

Por ultimo quiero agradecer a Andrés Larco, por guiarme y ayudarme en el desarrollo de este proyecto.

Gracias.

CONTENIDO

Resumen	1
Abstract	2
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivos	5
1.2.1 General	5
1.2.2 Específicos	5
1.3 Hipótesis	5
1.4 Marco Teórico	5
1.4.1 Calidad	5
1.4.2 Historia de la Calidad	6
1.4.3 Calidad de Software	10
1.4.4 Factores de Calidad McCall	11
1.4.5 Dimensiones de la calidad de Garvin	14
1.4.6 ISO/IEC 25000	15
1.4.7 El Costo de la Calidad	18
1.4.8 Gestión de la Calidad de Software	20
1.4.9 Control de Calidad	21
1.4.10 Mejora de la Calidad	21
1.4.11 Aseguramiento de la Calidad	22
1.4.12 Técnicas de Revisión	29
1.4.13 Estrategias de Prueba de Software	33
1.4.14 Pruebas de Aplicaciones Web	37
1.4.15 Pruebas de Aplicaciones Móviles	42
1.4.16 Métricas de Producto	44
1.4.17 Revisión Sistemática de la Literatura	46
1.4.18 Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)	48

1.4.19	Guías para realizar Revisiones de Literatura Sistemática en Ingeniería de Software - Elseiver	50
1.4.20	PRISMA vs Elseiver	52
1.4.21	Las TIC aplicadas a las Necesidades Educativas Especiales	54
1.5	Organización del documento	56
2	METODOLOGÍA	57
2.1	Fase 1: Formulación de la pregunta u objetivo de la revisión	57
2.2	Fase 2: Definición de las fuentes y del método de búsqueda	58
2.3	Fase 3: Definición y aplicación de criterios de selección de los estudios . . .	63
2.3.1	Criterios de Inclusión para la extracción de datos	63
2.3.2	Criterios de Exclusión para la extracción de datos	64
2.4	Fase 4: Análisis crítico de los estudios	64
2.5	Fase 5: Extracción y síntesis de los resultados de los estudios	65
2.6	Fase 6: Conclusiones e inferencias	68
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
3.1	Resultados	69
3.2	Discusión	87
3.2.1	Revisión Sistemática	87
3.2.2	Herramientas para Evaluación de Calidad en Aplicaciones	88
3.2.3	Resultados de Evaluaciones con Herramientas	91
3.2.4	ISO 25010 Evaluación de Calidad en Aplicaciones	91
3.2.5	Herramientas y estándares en la evaluación de calidad en Aplicaciones	94
4	CONCLUSIONES	102
4.1	Conclusiones	102
4.2	Recomendaciones	103
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
Anexos		117
Anexo I	Anexos	117
I.1	Plantillas utilizadas	117
I.2	Tablas de resultados detalladas	117
I.3	Documentos	117

I.4 Archivos 118

RESUMEN

La tecnología con el desarrollo de aplicaciones educativas, han modificado los patrones de acceso al conocimiento. Las aplicaciones educativas deben cumplir con algunos requerimientos como: estimular, fomentar y facilitar el aprendizaje. Las aplicaciones educativas siendo un recurso de aprendizaje, deben ser valoradas según su calidad.

El objetivo del proyecto de investigación es revisar y evaluar herramientas y estándares usados para medir la calidad de aplicaciones educativas.

El desarrollo de la investigación se realiza con Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses y las guías para realizar revisiones sistemáticas de Elseiver, a continuación las fases de trabajo: 1) Formulación de la pregunta u objetivo de la revisión, 2) Definición de las fuentes y del método de búsqueda, 3) Definición y aplicación de criterios de selección de los estudios, 4) Análisis crítico de los estudios, 5) Extracción y síntesis de los resultados de los estudios, 6) Conclusiones e inferencias.

La investigación proporciona una lista de 17 herramientas y 7 estándares para evaluar la calidad de aplicaciones educativas. Además, se identificaron dominios, factores y criterios de calidad relevantes para evaluar o desarrollar aplicaciones educativas de calidad.

Se escogieron 3 herramientas de la investigación y se evaluó la calidad de tres aplicaciones móviles y tres web para personas con discapacidad. Las aplicaciones evaluadas tienen fortalezas en su diseño y funcionalidad, pero declinan en la personalización. Las aplicaciones fueron evaluadas con el estándar ISO / 25010 y tienen una puntuación baja en la personalización y protección contra errores de usuario.

Palabras clave:

Estándares, herramientas, calidad de software, web, móvil, revisión sistemática de la literatura.

ABSTRACT

The technology with the development of educative applications modify the patterns for access to knowledge. The educational applications must meet certain requirements such as: encourage, motivate, and facilitate learning. Educational applications being a learning resource, have to be recognized according to the quality of each one.

The objective of the investigation project is check and value tools and standards used to measure the quality of educational applications.

Development of the research is carried out with: Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses, and Guidelines for Systematic Reviews of Elseiver, then the work phases:1) Research questions definition, 2) Sources and search method definition, 3) Selection criteria definition , 4) Critical analysis of the studies, 5) Extraction and synthesis of the results, 6) Conclusions and inferences.

The investigation provides a list of 17 tools and 7 standards to evaluate the quality of educational applications. In addition, Domains, factors and quality criteria relevants were identified to evaluate or develop quality educational applications.

Three tools were selected in the research, and the quality of three web applications and three mobile applications for people with disabilities was evaluated. The evaluated applications show good scores in design and functionality but low scores in customization. The applications were evaluated with ISO/25010 standard and have a low score in customization and to protect against user errors.

Keywords: Standards, Tools, Software Quality, Web, Mobile, Systematic Literature Reviews.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las aplicaciones educativas progresivamente están modificando los patrones de acceso al conocimiento. Gradualmente, se han ido incorporando en el desarrollo de los planes de enseñanza en todos sus niveles. Todo esto se ve influenciado debido a pensar a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como objeto de conocimiento y como herramienta didáctica [1]. La integración de las TIC en el sistema educativo no es un fenómeno nuevo, pues ya se han incorporado diversos dispositivos y recursos tecnológicos para el uso pedagógico. Sin embargo, es nueva la envergadura y el impacto que las TIC tales como el uso de Internet, celulares, computadoras individuales, la televisión digital y los recursos digitales que tienen hoy en los procesos masivos de socialización de las nuevas generaciones [2]. Se han enriquecido considerablemente los modelos de enseñanza de los cuales los pioneros se enmarcan en el uso de la tecnología, “la fascinación con el logro académico en diferentes naciones ha sido motivada por los rápidos avances tecnológicos que han transformado la economía mundial” [3]. En las unidades educativas el uso de las aplicaciones educativas son un requisito para los nuevos modelos de enseñanza por lo que procuran tener tecnología que soporte y complemente el uso de estas aplicaciones. El uso de las TIC es como una innovación metodológica en la enseñanza, donde las oportunidades ofrecidas se consideran como elementos fundamentales para perfeccionar las competencias del siglo XXI [4].

Las aplicaciones educativas siendo un recurso de aprendizaje a todo nivel, deben ser valoradas según su calidad. “Los recursos, bien utilizados, cumplen las siguientes funciones en el proceso de enseñanza: interesar al grupo, motivarlo, enfocar su atención, fijar y retener conocimientos, variar los estímulos, fomentar la participación, facilitar el esfuerzo de

aprendizaje y concretar la enseñanza evitando divagaciones y verbalismos” [5]. Las ventajas del uso de aplicaciones educativas en el entorno educativo están significativamente documentadas, sin embargo, el uso adecuado de estas aplicaciones requiere de una sigilosa selección para avalar su calidad. A pesar de la importancia de consultar con expertos de la educación para el desarrollo de aplicaciones, existen muchas aplicaciones que pueden afectar el aprendizaje, esto debido a muchos factores que enfrentan los maestros en su búsqueda para implementar la tecnología informática [6]. “No es necesario que se siga cada tendencia tecnológica, en absoluto. De lo que se trata es de investigar y evaluar de manera estructural la significancia de las tecnologías en la educación con el fin de seleccionar las que resulten más valiosas, para responder de manera constructiva al ritmo cambiante de los desarrollos tecnológicos” [7].

El tema de evaluación a las aplicaciones educativas tiene un amplio estudio donde se ha considerado tanto al desarrollador, como al interesado en adquirir o usar las aplicaciones, algunos modelos de evaluación como: Ingeniería de Software Educativo [8], modelos de la Universidad Virtual de Michigan [9]. Sin embargo cada uno de estos se muestra como un modelo, método, guía o técnica para identificar un aplicativo de calidad, donde cada uno lleva consigo un perfil que complementa lo que es calidad por ejemplo: un enfoque de la idoneidad del juego educativo [10], seis dimensiones para evaluar aplicaciones para personas con necesidades espaciales [11], escala de calificación de Haugland [12], modelo sistémico de Vann Slyke [13]. Sin embargo, estos métodos no son muy viables al momento que el usuario quiera ver si un aplicativo educativo escogido para su necesidad sea de calidad, sin antes haber pasado por una gran cantidad de evaluaciones y filtros de diferentes estándares, acompañados cada uno con una variedad de parámetros de calidad. Previa una investigación se puede identificar cuáles serían las herramientas que contengan embebidos varios parámetros y vías que ratifiquen la calidad en cualquier aplicativo educativo sin importar el tipo o plataforma en la que se encuentre desarrollado.

El proyecto de investigación a realizar consiste en una revisión sistemática de herramientas y estándares usados para evaluar la calidad de aplicaciones educativas que cubra cada uno de los aspectos importantes, indispensables y necesarios para corroborar que un aplicativo es de calidad y no solo para entretenimiento, además de un acompañamiento de investigaciones previas, con el fin de proporcionar información que permita escoger a usuarios las aplicaciones educativas que generen valor agregado al momento de adquirir conocimiento

siendo así útiles y de significancia para el aprendizaje.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Revisar y evaluar herramientas y estándares usados para medir la calidad de aplicaciones educativas.

1.2.2 Específicos

- Elaborar una lista con los estándares que se deben considerar en aplicaciones educativas.
- Evaluar estándares y herramientas que evalúan calidad en aplicaciones educativas.
- Aplicar las herramientas y estándares a 5 aplicaciones educativas.

1.3 Hipótesis

A partir de una revisión sistemática de la literatura puedo identificar herramientas y estándares usados para medir la calidad en aplicaciones educativas.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Calidad

El concepto de calidad es complejo y multifacético [14]. Independientemente del contexto o periodo de tiempo la calidad ha tenido un sin número de definiciones, sin embargo, cada una solo podría ser apropiada para una circunstancia específica. La evolución del concepto de calidad no permite tener una definición global. El concepto de calidad a lo largo de la historia y hasta la actualidad es un tema de interés que ha sido abordado en numerosos

artículos científicos. Sin embargo, el concepto de calidad está directamente relacionado con la competencia y madurez en los productos y procesos, implicando mayores y mejores oportunidades, tanto para su crecimiento como expansión al mismo tiempo, que se intenta alcanzar para la satisfacción de sus clientes [15].

1.4.2 Historia de la Calidad

La calidad tiene una historia y aunque desde los principios no se haya conceptualizado se la practicaba.

Época Antigua: Desde el inicio de los tiempos de reyes, faraones y jefes de tribus ya existía la preocupación por la calidad. En la antigua Babilonia se practicó el Código de Hammurabi donde se establece “Si un albañil construye una casa para un hombre, y su trabajo no es fuerte y la casa se derrumba matando a su dueño, el albañil será condenado a muerte” [16]. Los egipcios por otro lado comprobaban las medidas de los bloques con pedazos de cuerda con los cuales construían. Estos dos ejemplos muestran la importancia los trabajos bien hechos desde las primeras civilizaciones.

1875: Taylor Frederick se enfocó a la administración científica y fundamento respecto a la influencia del ser humano sobre el impacto económico. “El objeto principal de la administración ha de ser asegurar la máxima prosperidad para el patrón, junto con la máxima prosperidad para cada uno de los empleados” [17]. Su intención fue probar las ventajas de una ciencia de la administración, principios y leyes aplicables a todo tipo de actividades humanas. Taylor concluyó que la mejor calidad de trabajo, equivale a un bajo costo de mano de obra.

1900: Henry Ford incesantemente busco mejorar la eficiencia de la producción, descrito como acortar el tiempo del ciclo [18]. Su enfoque estuvo sobre el aumento progresivo de la eficiencia y productividad para lo cual argumentaba “No se puede repetir con frecuencia que la basura es algo que se produce después del hecho” y “No es posible seguir obteniendo basura por mucho tiempo, pero es posible conseguir algo de lo que no fue una vez considerado basura” [19].

1915: Vifredo Pareto compartió un poderoso criterio de toma de decisiones que se ha utilizado en los esfuerzos de mejora de la calidad. El Diagrama de Pareto ha sido utilizado de

gran manera en el aseguramiento de la calidad y sistemas de gestión. Pareto en la regla del 80-20 argumenta: “el 20 % de las causas más habituales provocan el 80 % de los defectos detectados” [20].

1920: Discusiones significativas acerca de la calidad nacieron desde Bell Laboratories, donde se creó un departamento de inspección en el cual gigantes influenciadores le dieron un significado a lo que sería hasta la fecha la calidad como Shewart, Deming y Juran [20].

1931: Walter Shewhart remarco sobre la importancia que en un proceso de manufactura debe haber la menor variación y entender que los ajustes a la reacción en realidad degradaban la calidad. Shewhart a través de métodos estadísticos y por medio de un enfoque sistemático busco la solución de problemas y el control de procesos [21]. Además contribuyó con la definición de las bases del ciclo: planear, hacer, revisar y actuar [22].

1935: Se establece la primera norma con el objetivo de elevar la calidad en el efecto productivo en la industria militar de Estados Unidos, el objetivo de estas normas se radica en evitar la muerte de jóvenes por la falla de sus paracaídas y su armamento. Las primeras normas de calidad fueron llamadas las normas Z1; Gran Bretaña también aplicó estas normas a su industria militar y a sus primeras normas de calidad se les conoce como el sistema de normas 600 [23].

1940: Edwards Deming decía que no es suficiente que todos los miembros de una organización hagan su mejor esfuerzo, lo que se requiere es que haya un propósito y dirección de la organización, argumentando que: “Los costos disminuirán debido a una menor revisión de los productos defectuosos y la productividad aumentará a medida que se invierta menos tiempo en volver a trabajar” [24].

1954: Joseph Juran es el responsable que la calidad saliera de las fábricas y tomara lugar sobre el mundo de la gestión y negocios. Juran enfoco la calidad sobre la administración, la cual es la responsable directa de garantizar que la calidad se planifica, controla y mejora [25].

1956: Kaoru Ishikawa defendía la importancia de la administración y las políticas operacionales para la calidad, definiendo que el control de calidad consiste en desarrollar, diseñar, producir, comercializar y dar servicio a productos y servicios con una rentabilidad y utilidad óptimas, que los clientes comprarán con satisfacción. Para lograr estos objetivos, todas las

partes separadas de una empresa deben trabajar juntas [26].

1961: Phillip Crosby desarrollo el concepto de cero defectos y la experiencia de hacer bien las cosas a la primera. Crosby se refería a la calidad con el cumplimiento de los requisitos, donde estos deben estar definidos con claridad y si existía incumplimiento se convierte en un problema de calidad [27].

1966: Armand Feigenbaum conceptualizo la calidad como una herramienta indispensable y estratégica. Feigenbaum creo un modelo para administrar la calidad, que abarca toda la organización e involucra ponerla en práctica, todo esto orientado hacia el cliente. Tradujo la cálida a una filosofía y un compromiso con la excelencia. Feigenbaum publicó un libro titulado "Total Quality Control", un clásico en el campo de la calidad aportando al cambio para muchas empresas en el mundo [28].

1987-2019: En 1987 se creó y publico la primera versión de la norma ISO9001. La ISO define la calidad como un conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la capacidad para satisfacer las necesidades. En 1994 se realiza la primera revisión de las normas y se muestra la segunda edición de estas normas: ISO 9001. Para el 2000, la norma ISO 9001:2000 incluyó cambios significativos mejorando la eficiencia del Sistema de Gestión de la Calidad [29]. La última revisión, la ISO 9000:2015, presenta varios cambios como los criterios para definir riesgos y medidas para resolverlos, sin embargo, conserva la estructura de las primeras normas ISO 9000 [30].

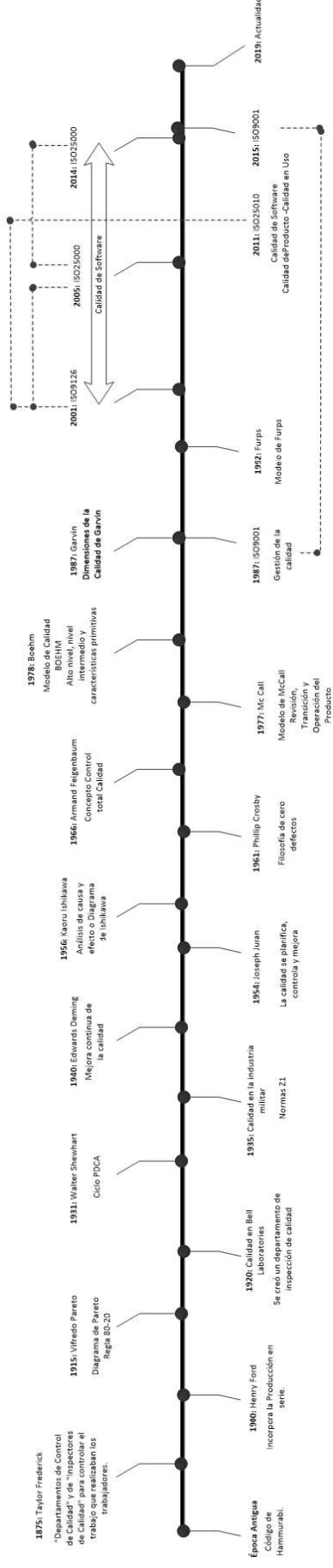


Figura 1.1: Línea de Tiempo de la Calidad

1.4.3 Calidad de Software

Se habla respecto a los problemas relacionados con la calidad de software pero no existe una definición específica de lo que significa, por tanto hay diferentes puntos de vista para definir la calidad de software:

“El cumplimiento de los requerimientos funcionales y de performance explícitamente definidos, de los estándares de desarrollo explícitamente documentados y de las características implícitas esperadas del desarrollo de software profesional [31].”

“La calidad no se trata de tener cero defectos o una mejora medible de la proporción de defectos, no se trata de tener los requerimientos documentados. No es más ni menos que satisfacer las necesidades del cliente (por más que las necesidades estén o no correctamente documentadas [32].”

“El grado con el cual un sistema, componente o proceso cumple con los requerimientos y con las necesidades y expectativas del usuario [33].”

La calidad en el Software, es una meta importante que buscan los desarrolladores y los consumidores. Los desarrolladores por una parte buscan tener aplicaciones que sean fáciles de mantenimiento, mientras que el consumidor aplicaciones accesibles y funcionales. El interés por la calidad crece de forma continua, a medida que los clientes se vuelven más selectivos y comienzan a rechazar productos poco fiables o que realmente no dan respuesta a sus necesidades [34]. La definición más general de calidad de software es: “la concordancia con los requerimientos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo documentados y con las características implícitas que se esperan de todo software desarrollado profesionalmente” [31].

Con el fin de proporcionar un marco, desde el cual permita entender más objetivamente la calidad de software, es importante primero definir algunos términos.

- ❑ **Software:** Es el conjunto de programas, reglas, instrucciones informáticas y documentación asociada o el resultado del proceso de desarrollo del software.
- ❑ **Factor:** Condición o característica que contribuye a la calidad de software.

- ❑ **Criterio:** Atributos del software que permiten definir los factores.
- ❑ **Métricas:** Son las medidas de los criterios relacionados con los factores de calidad.

1.4.4 Factores de Calidad McCall

La línea base de los factores de calidad de McCall conformaron 55 términos, los cuales se consideraban como potenciales y los mejores candidatos. Sin embargo, esta lista era demasiado larga y no representaba un conjunto manejable de factores, para lo cual a través de pautas se buscó que los términos cumplan con características deseadas que cubran el conjunto completo de software y no sean similares o se repitan. A través de la evaluación y análisis se obtuvieron grupos de factores, los mismo que se reconocieron con 3 orientaciones, donde se podrían analizar un producto de software: Revisión del producto, Transición del producto y Operación del producto. Los factores mencionados, hacen las siguientes descripciones [35]:

1. Operación del producto

- ❑ **Corrección:** Grado en el que se cumplen los objetivos del cliente y satisface sus especificaciones.
- ❑ **Fiabilidad:** Grado en el que se espera se cumpla la función y precisión requerida en el programa.
- ❑ **Eficiencia:** Cantidad requerida de recursos de cómputo y de código para que cumpla su función un programa.
- ❑ **Seguridad:** Grado en el que se controla el acceso de personas no autorizadas al software o datos.

2. Revisión del producto

- ❑ **Facilidad de Prueba:** Esfuerzo para aprender, operar, preparar las entradas e interpretar las salidas de un programa.
- ❑ **Facilidad de mantenimiento:** Esfuerzo para detectar y corregir un error en un programa.

- ❑ **Flexibilidad:** Esfuerzo para modificar un programa.
- ❑ **Susceptibilidad de someterse a pruebas:** Esfuerzo para probar un programa que realiza la función especificada.

3. Transición del producto

- ❑ **Transportabilidad:** Esfuerzo para transferir el programa de un ambiente de sistema de hardware o software a otro.
- ❑ **Capacidad de Reutilización:** Grado en el que un programa pueden volverse a utilizar en otras aplicaciones.
- ❑ **Interoperabilidad:** Esfuerzo requerido para acoplar un sistema con otro.

El establecimiento de criterios para cada factor definido por McCall, se definió con algunos propósitos: que sean indispensables, en búsqueda de definir de forma clara cada factor, en búsqueda de relaciones entre factores, que permitan establecer relación de uno a uno entre las métricas y criterios, a continuación, en la Figura 1.2 se puede ver la relación Factores - Criterios.

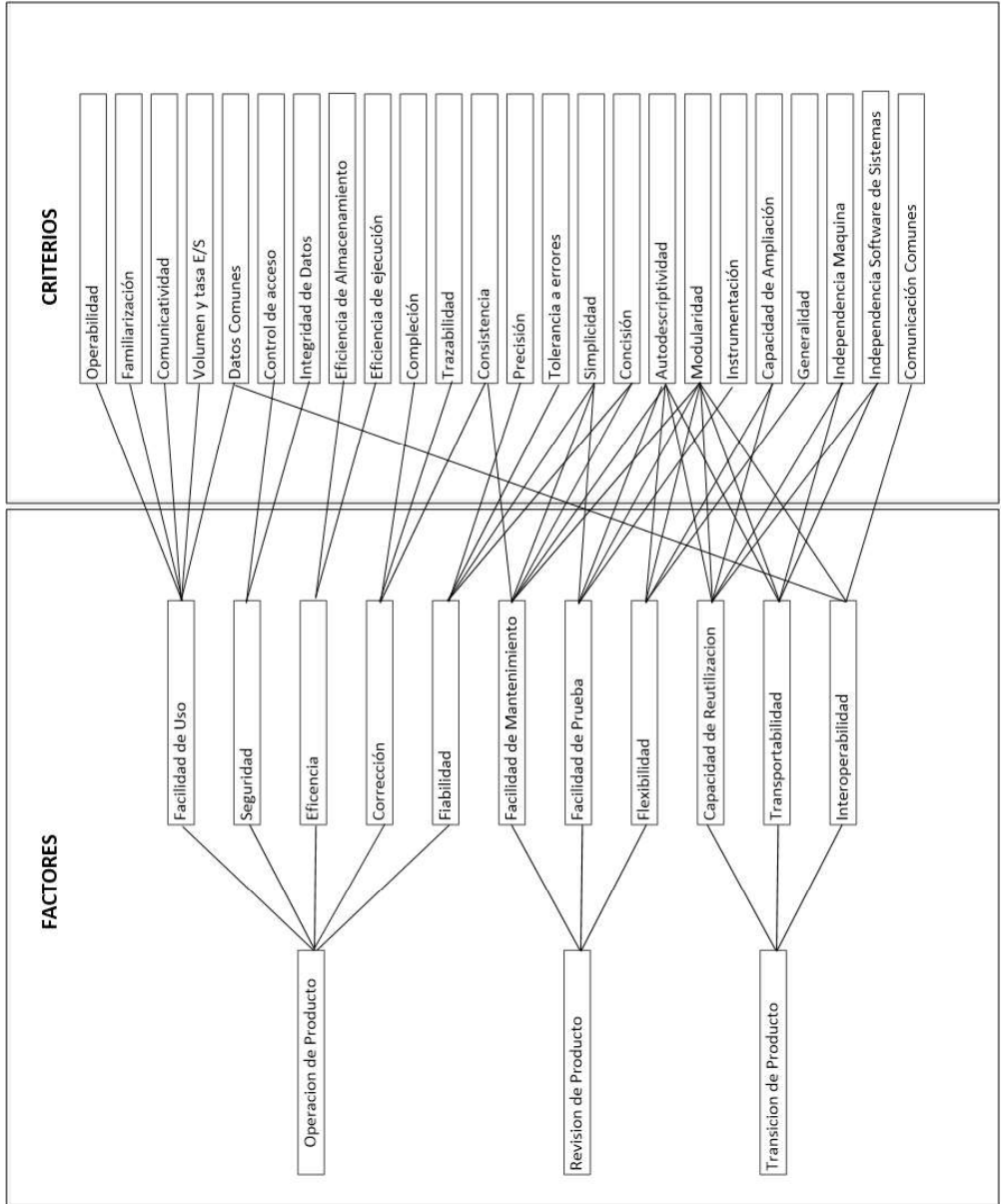


Figura 1.2: Adaptada por el autor; Factores de McCall [35].

1.4.5 Dimensiones de la calidad de Garvin

La calidad se basa en los atributos del producto que el cliente define en gran medida. La buena calidad del producto se asocia con un mejor retorno de la inversión, mayores ganancias, mayor participación de mercado y menores costos [36]. David Garvin definió: "la calidad no es una sola característica reconocible, sino que es multifacética y aparece en muchas formas diferentes". Garvin propone ocho facetas o dimensiones de la calidad del producto, aunque no fueron desarrolladas específicamente para el software, se aplican a la calidad de éste [37]:

- ❑ **Calidad del desempeño:** Se relaciona con las características operativas principales del producto.
- ❑ **Calidad de las características:** Se relaciona a las propiedades de las características, estas pueden ser altamente visibles, pero no necesariamente características primarias o incluso importantes del producto.
- ❑ **Confiabilidad:** Indica el grado en que se puede contar con un producto para funcionar como se espera y para el cual la probabilidad de falla es mínima.
- ❑ **Conformidad:** Se relaciona con el grado en que el diseño y las características operativas de un producto coinciden con los estándares preestablecidos.
- ❑ **Durabilidad:** Refleja la vida económica o física del producto. Además, abarca aspectos sobre la disponibilidad del producto. La durabilidad también se ve afectada por los costos de reparación, el costo del tiempo de inactividad, los precios relativos de los productos de reemplazo.
- ❑ **Servicio:** Se refiere a la facilidad con la que se puede reparar el producto, el tiempo requerido para el servicio, la calidad del servicio de reparación y la competencia.
- ❑ **Estética:** Se refiere a atributos que atraen a los sentidos, como la apariencia, la sensación, el gusto, el olfato.
- ❑ **Percepción:** La calidad percibida de un producto se refiere más a las imágenes que se originan de la publicidad, la identificación de la marca, que a las características

reales del producto. La calidad percibida es similar a la estética en términos de ser una dimensión muy subjetiva. Sin embargo, ambos ayudan a dar forma a las primeras impresiones de la calidad del producto.

1.4.6 ISO/IEC 25000

El modelo de calidad ISO/IEC 25000 contiene los conceptos de calidad interna, calidad externa y calidad en uso. Además, señala que "la calidad del proceso contribuye a mejorar la calidad del producto, y la calidad del producto contribuye a mejorar la calidad en uso. 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. Evaluar la calidad en uso, proporciona una retroalimentación para mejorar el producto, y evaluando un producto puede proporcionar una retroalimentación para mejorar un proceso" [38]. La ISO/IEC 25000 es la evolución de normas anteriores, las normas ISO/IEC 9126 Y ISO/IEC 14598 que describen un modelo de calidad del producto de software y aborda el proceso de evaluación de productos de software respectivamente.

Calidad externa e interna

- ❑ La calidad interna es la totalidad de las características de un producto de software vistas desde una perspectiva interna. La calidad interna es medida en torno a los requerimientos de calidad internos previamente establecidos y evaluada durante su implementación, revisión y prueba del código [38].
- ❑ La calidad externa es la totalidad de las características del producto vistas desde una perspectiva externa. La calidad externa se puede evaluar cuando el software es ejecutado, es medida mientras se simula el funcionamiento del software usando métricas externas [38].

Calidad en uso

La calidad en uso es la perspectiva del usuario de la la calidad del producto software mientras es usado en un ambiente específico y un contexto de uso específico. Consiste en la calidad del software al alcanzar sus metas y medir sus propiedades [38].

La ISO/IEC 25000 es una familia de normas con el objetivo de crear un marco de trabajo para evaluar la calidad del producto software. La ISO/IEC 25000 es el resultado de la evolución de normas desarrolladas con anterioridad. Esta norma consiste en una familia de cinco divisiones[38]:

1. ISO/IEC 2500n: División de Gestión de Calidad

Las normas que forman de esta division definen cada uno de los modelos, terminos y definiciones que estan referenciados con las familia de la 25000. Esta divion esta conformada por:

- ❑ **ISO/IEC 25000: Guía para SQuaRE:** Abarca el modelo de SQuaRE, su modelo y terminología de la familia de la 25000.
- ❑ **ISO/IEC 25001: Planeamiento y Gestión:** Proporciona requisitos y recomendaciones para una organización responsable de la implementación y administración de las especificaciones de los requisitos de calidad de sistemas y productos de software. Tambien aporta las actividades de evaluación a través de la provisión de tecnología, herramientas, experiencias y habilidades de gestión. Además, establece los requisitos y orientaciones para gestionar la evaluación y especificación de los requisitos del producto software.

2. ISO/IEC 2501n: División de Modelo de Calidad

Las normas de esta división presentan modelos de calidad, que incluyen las características tanto de calidad interna, externa como de calidad en uso del producto de software. Esta división esta conformada por:

- ❑ **ISO/IEC 25010: Modelos de Calidad de Software y Sistemas:** Describe el modelo de calidad para el producto software y para la calidad en uso. Esta norma evalúa el producto de software en sus características y subcaracterísticas de calidad.
- ❑ **ISO/IEC 25012: Modelo de Calidad de Datos:** Evalúa la calidad de datos almacenados de manera estructurada formando parte de un Sistema. Define un modelo para la calidad de los datos.

3. ISO/IEC 2502n: División de Medición de Calidad

Establece un modelo de referencia de la medición de la calidad del producto, además proporciona definiciones de medidas de calidad interna, externa y en uso y guías prácticas para su aplicación. Esta división se encuentra formada por:

- ❑ **ISO/IEC 25020: Guía y Modelo de Referencia para la medición:** Proporciona una guía para que los usuarios puedan seleccionar o desarrollar y aplicar medidas propuestas por normas ISO. Además, presenta una explicación introductoria y un modelo de referencia de elementos de medición de la calidad.
- ❑ **ISO/IEC 25021:Elementos de Medida de Calidad:**Un conjunto recomendado de métricas base y derivadas que serán usados como entrada en el proceso de medida de calidad interna, externa y en el uso. También especifica la forma de crear nuevas métricas de calidad en el modelo.
- ❑ **ISO/IEC 25022: Medición de Calidad en Uso:** Se encarga de definir métricas que servirán para hacer mediciones de calidad en uso del producto.
- ❑ **ISO/IEC 25023: Medición de la Calidad del Producto Software y Sistemas:** Se definen específicamente las métricas para realizar la medición de la calidad de productos y sistemas software.
- ❑ **ISO/IEC 25024: Medición de la Calidad de Datos:** Se definen específicamente las métricas para realizar la medición de la calidad de datos.

4. ISO/IEC 2503n: División de Requisitos de Calidad

Las normas que se establecen en esta división permiten especificar los requisitos de calidad y pueden ser usados como entrada del proceso de evaluación, esta compuesto por las siguientes normas:

- ❑ **ISO/IEC 25030: Requisitos de Calidad:** proporciona un numero de recomendaciones para realizar la especificación de los requisitos de calidad del producto software.

5. ISO/IEC 2504n - División de Evaluación de Calidad

Son normas que proporcionan requisitos, recomendaciones y guías para llevar a cabo el proceso de evaluación del producto software. Se encuentra formada por:

- ❑ **ISO/IEC 25040: Guía y Modelo de Referencia de la Evaluación:** propone un modelo de referencia general que considera las entradas al proceso de evaluación, las restricciones y los recursos necesarios para obtener las correspondientes salidas.
- ❑ **ISO/IEC 25041: Guía de Evaluación para Desarrolladores, Adquirentes y Evaluadores Independientes:** Describe desde un punto de vista de los desarrolladores la implementación práctica de la evaluación de los requisitos y recomendaciones, de los adquirentes y de los evaluadores independientes.
- ❑ **ISO/IEC 25042: Módulos de Evaluación:** Define un módulo de evaluación y la documentación, estructura y contenido.
- ❑ **ISO/IEC 25045: Módulo de Evaluación para Recuperabilidad:** Establece un módulo para la evaluación de la subcaracterística Recuperabilidad.

1.4.7 El Costo de la Calidad

El costo de la calidad incluye todos los costos en los que se incurre al buscar la calidad o al realizar actividades relacionadas con ella y los costos posteriores de la falta de calidad. El objetivo de los costos de calidad es representar la diferencia entre el coste real de un producto o servicio y el coste del mismo si la calidad fuera perfecta, por tanto, los costos de la Calidad son costos que se producen porque existe o porque pueda existir mala calidad [39]. Cuando hablamos de “costos” siempre pensamos de forma negativa, sin embargo, los costos no sólo están para intentar reducirlos, sino que, los costos de calidad, son una excelente herramienta de información, que facilitan la toma de medidas de tipo estratégico [40]. Se define los costos de calidad como: “los costos en los que la empresa incurre para asegurar que el producto cumple con las especificaciones y requisitos establecidos en la fase de diseño [41].

El costo de la calidad puede dividirse en los costos que están asociados con la prevención, la evaluación y la falla.

Los costos de prevención

Incluyen lo siguiente:

- El costo de las actividades de administración requeridas para planear y coordinar todas las actividades de control y aseguramiento de la calidad.
- El costo de las actividades técnicas agregadas para desarrollar modelos completos de los requerimientos y del diseño.
- Los costos de planear las pruebas.
- Los costos de toda la capacitación asociada con estas actividades.

Los costos de evaluación

Incluyen las actividades de investigación de la condición del producto la primera vez que pasa por cada proceso.

Los costos de falla

Son aquellos que se eliminarían si no hubiera errores antes o después de enviar el producto a los consumidores.

Costos internos de falla: Cuando se detecta un error en un producto antes del envío.

Costos externos de falla: Se asocian con defectos encontrados después de que el producto se envió a los consumidores.

1.4.7.1 Calidad y Seguridad

El software que no tiene alta calidad es fácil de penetrar por parte de intrusos y, en consecuencia, el software de mala calidad aumenta indirectamente el riesgo de la seguridad, con todos los costos y problemas que eso conlleva. Gary McGraw un experto en seguridad comento lo siguiente [42]:

"La seguridad del software se relaciona por completo con la calidad. Debe pensarse en seguridad, confiabilidad, disponibilidad y dependencia, en la fase inicial, en la de diseño, en la de arquitectura, pruebas y codificación, durante todo el ciclo de vida del software.

Incluso las personas conscientes del problema de la seguridad del software se centran en las etapas finales del ciclo de vida. Entre más pronto se detecte un problema en el software, mejor. Y hay dos clases de problemas. Uno son los errores, que son problemas de implementación. El otro son las fallas del software: problemas de arquitectura en el diseño. La gente presta demasiada atención a los errores pero no la suficiente a las fallas."

1.4.8 Gestión de la Calidad de Software

La gestión de calidad es el proceso de medición de software que consiste en dar un valor numérico a un atributo del software o del proceso de software. El objetivo de la Gestión de Calidad es conseguir, mantener y mejorar la calidad [43]. Según el estándar ISO/IEC 12207:2008 [44], la implementación exitosa de los procesos de gestión de la calidad genera como resultados:

- La definición de las políticas y procedimientos organizacionales para la gestión de calidad.
- La definición de los objetivos cualitativos de la organización.
- La definición de cómo rendir cuentas de las actividades de gestión de calidad realizada y quién tiene la autoridad para desarrollar la gestión de calidad.
- La monitorización del estado de la satisfacción del cliente.
- La toma de acciones apropiadas cuando no se alcanzan los objetivos de calidad.

Según la norma ISO 9000, la gestión de calidad comprende tres aspectos[43]:

- El control de calidad.
- La mejora de la calidad.
- El aseguramiento de la calidad.

Es indispensable tomar en consideración que la gestión de calidad es tarea de todos. Se ha mal interpretado que cualquier aspecto relacionada con la calidad únicamente le compete al aseguramiento de calidad. Las tareas de evaluación de la calidad o control de calidad,

así como la mejora de calidad, sólo permiten establecer en qué grado se han cumplido los criterios o requisitos de calidad del producto. La calidad debe construirse durante todo el desarrollo del producto[45].

1.4.9 Control de Calidad

El control de calidad se define como el conjunto de actividades y técnicas operacionales que se usan para cumplir los requisitos de calidad [43]. El control de calidad es la encargada de regular el funcionamiento de la calidad, que impide así cambios indeseados en los estándares.

Se sugiere una serie de pasos para realizar el control de calidad [43]:

- Determinar qué parámetros deben controlarse.
- Establecer el grado de criticidad de cada parámetro.
- Establecer una especificación para los parámetros a controlar, esto es, definir límites de aceptabilidad.
- Instalar sensores que detecten la variación respecto a la especificación.
- Recoger datos para su análisis.
- Verificar los resultados y diagnosticar la causa de las variaciones detectadas.
- Proponer remedios y decidir las acciones a realizar.
- Aplicar las medidas seleccionadas y comprobar que se corrigió la variación.

1.4.10 Mejora de la Calidad

La mejora de la calidad es la actividad de mejora que da lugar a un cambio beneficioso en la consecución de la calidad [43]. Esta mejora se puede lograr mediante dos formas básicas: mejorar los controles de calidad realizados; o elevar los estándares aplicados.

Los pasos para realizar la mejora de la calidad consideran [43]:

- Determinar el objetivo que se desea conseguir, es decir, las razones del cambio.
- Determinar las políticas necesarias para mejorar.
- Realizar un estudio de viabilidad.
- Elaborar los planes de mejora.
- Organizar los recursos.
- Investigar, analizar y diseñar para definir posibles soluciones y alternativas.
- Modelar y desarrollar la mejor solución y verificar que se cumple el objetivo.
- Identificar y superar las resistencias al cambio en los estándares.
- Implementar el cambio.
- Colocar los controles para mantener el nuevo nivel de funcionamiento.

1.4.11 Aseguramiento de la Calidad

El aseguramiento de la calidad tiene varios conceptos, esto debido a que depende de los puntos de vista en el cual ha sido definido, a continuación algunos conceptos:

El aseguramiento de la calidad debe ser una actividad integrada con la gestión de la adquisición de software, que no sólo vele por el cumplimiento y adherencia a los estándares y procedimientos establecidos, sino que asegure además que el software diseñado es mantenible y soportable [46].

EL aseguramiento de calidad es una guía planificada y sistemática de todas las acciones necesarias para proveer la evidencia adecuada de que un producto cumple los requerimientos técnicos establecidos. Un conjunto de actividades diseñadas para evaluar el proceso por el cual un producto es desarrollado o construido [47].

El aseguramiento de la calidad del software provee claro control del proceso que está siendo usado por el proyecto y del producto que se está construyendo [48].

El aseguramiento de la calidad del software es el sistema de métodos y procedimientos usados para asegurar que el producto de software alcanza sus requerimientos. El sistema

involucra la planificación, estimación y monitoreo de las actividades de desarrollo realizadas por otros [49].

El aseguramiento de la calidad, frecuentemente no es presupuestado ni planificado en el proceso de desarrollo, y sólo es visto como una función administrativa [50].

La norma ISO 9000 sugiere dos vías para desarrollar el aseguramiento de la calidad [43]:

- Comprobando el producto o servicio de acuerdo con los estándares prescritos, para establecer su capacidad para satisfacerlos.
- Evaluando a la organización que suministra los productos o servicios de acuerdo con los estándares prescritos, para establecer su capacidad de fabricar productos de acuerdo con un determinado estándar.

La norma ISO 9000 también propone una serie de pasos para realizar el aseguramiento de la calidad [43]:

1. Obtener los documentos que declaran los planes de la organización para conseguir la calidad.
2. Realizar el plan de aseguramiento de la calidad.
3. Establecer si el producto o servicio propuesto por la organización posee las características que satisfacen las necesidades del cliente.
4. Valorar las operaciones, productos y servicios de la organización y determinar dónde están y cuáles son los riesgos de la calidad.
5. Establecer si los planes de la organización contienen medidas adecuadas para el control, eliminación o reducción de los riesgos identificados.
6. Determinar el grado con que los planes de la organización se están implementando y evitar los riesgos.
7. Establecer si el producto o servicio que se está suministrando tiene las características prescritas.

1.4.11.1 Elementos de Aseguramiento de la Calidad del Software

El aseguramiento de la calidad del software incluye un rango amplio de actividades que se centran en la administración de la calidad del software y ya que casi todos los elementos de la calidad de software están orientados hacia la validez y satisfacción de los requisitos se resumen como [51]:

1. Estándares

Los estándares proporcionan métodos consistentes, rigurosos, uniformes y exigibles para el desarrollo de software y las actividades de operación. Sin embargo, para que un estándar sea válido debe cumplir con las siguientes características:

- Necesidad:** Si no se usa un estándar por mucho tiempo no hay una razón para su existencia.
- Factibilidad:** Si no es posible cumplir con los principios de un estándar, entonces será ignorado.
- La medición:** Debe ser posible demostrar que se sigue los lineamientos del estándar.

Los estándares, aunque cumplan con las características, son poco efectivas si no están respaldadas por políticas que indiquen claramente su imposición. Debería ser la intención y trabajo del aseguramiento de calidad en asegurar que los estándares que se hayan adoptado se cumplan e impongan, y que todos los productos del trabajo se apeguen a ellos.

2. Revisiones y auditorías

Las revisiones permiten una visibilidad continua del desarrollo de software y las actividades de instalación. Las revisiones de productos, también llamadas revisiones técnicas, son exámenes formales o informales de productos y componentes a lo largo del desarrollo del software. Las revisiones en proceso son revisiones informales que se realizarán durante la fase de desarrollo del software, mientras que las revisiones las revisiones de final de fase son revisiones formales que usualmente ocurren al final de la fase de desarrollo del software. Los datos para la revisión se recopilan en las revisiones técnicas y generalmente se basan en los defectos identificados.

También se incluyen dentro de la actividad de control de calidad de la revisión a las auditorías. Las auditorías son exámenes de componentes para el cumplimiento de una especificación de contenido y formato.

El objetivo del aseguramiento de calidad enfatiza que las revisiones que se lleven a cabo tengan la máxima probabilidad de descubrir errores.

3. Pruebas

Las pruebas proporcionan mayor confianza. Es una demostración de que se cumplen los requisitos del software. Las actividades de prueba incluyen: planificación, diseño, ejecución y elaboración de informes.

- ❑ La planificación de pruebas inicia durante la fase de requisitos y es paralela al desarrollo de requisitos.
- ❑ El diseño de prueba comienza cuando comienza el diseño del software, es decir es paralelo con el desarrollo de software. A medida que el diseño del software toma forma, se desarrollan los casos de prueba, los escenarios y los datos que ejercerán el software diseñado. Cada caso de prueba también incluirá resultados esperados específicos para que se establezca un criterio de aprobación-falla.
- ❑ La ejecución de pruebas generalmente comienza con pruebas de integración en las que los módulos se combinan en subsistemas para pruebas funcionales. Para cada prueba que se ejecute, se debe preparar un informe de los resultados esperados, los resultados reales y las conclusiones del conductor de la prueba.
- ❑ En el informe se incluye las anomalías encontradas y las acciones recomendadas con respecto a ellas.

Los errores, defectos, fallas, resultados cuestionables o inesperados y cualquier otro resultado no previsto se registran y asignan una acción. Una vez que se hayan resuelto las anomalías encontradas, se volverá a ejecutar la prueba, o una parte apropiada de la misma, para mostrar que se ha corregido el defecto. A medida que avanzan las pruebas, también lo hacen los niveles de detalle de los informes de prueba, hasta que se prepare el informe de prueba de aceptación final que documenta la idoneidad del sistema de software para su uso en el entorno previsto.

El aseguramiento de calidad garantiza que las pruebas se planeen en forma apropiada y que se realicen con eficiencia, de modo que la probabilidad de que logren los objetivos del software sea aceptable en torno al informe final de aceptación documentada de la idoneidad del sistema.

4. Colección y análisis de los errores

Es un procedimiento necesario para que un proyecto en curso de software asegure de que todos los defectos encontrados estén correctamente arreglados y cerrados. Analiza si posible la existencia de otros defectos. También sirve para proyectos de software futuros ya que proporciona un medio para devolver la información de los defectos al ciclo de vida del desarrollo y modificar el proceso de desarrollo del software para que se reduzcan las incidencias futuras de ciertos defectos. El análisis de tendencias de defectos proporciona un registro continuo de defectos, sus soluciones y su estado. El registro de defectos y sus soluciones pueden servir para hacer lo siguiente:

- Evitar que los defectos permanezcan sin resolver por períodos de tiempo inadecuados.
- Evitar cambios injustificados.
- Indica áreas inherentemente débiles en el software.
- Proporcionar datos de análisis para la evaluación y corrección del proceso de desarrollo.
- Proporcionar advertencias de defectos potenciales mediante el análisis de tendencias de defectos.

El aseguramiento de calidad de software reúne y analiza errores encontrados en el software y define qué actividades de la ingeniería de software son más apropiadas para eliminarlos.

5. Administración del cambio

La administración de la configuración del software es una actividad paralela que se aplica en el cualquier estado del software. Se desarrollan actividades aseguramiento de calidad en la administración de cambio debido para identificar el cambio, controlar el cambio, garantizar que el cambio se implementó de manera adecuada y reportar los cambios a otros que puedan estar interesados. La administración de la configuración

del software es un conjunto de actividades de rastreo y control que inicia cuando comienza en un proyecto de ingeniería de software surgen cambios y sólo termina cuando el software se retira de la operación.

6. Administración de la seguridad

Son actividades de seguridad que se aplican tanto a los datos como al propio centro de datos físico. Estas actividades están destinadas a proteger la utilidad del software y su entorno. El sistema de software de la más alta calidad no sirve de nada si el centro de datos en el que se va a utilizar está dañado o destruido. La calidad de la salida de un sistema de software es medida a través de la información que proporciona.

El aseguramiento de calidad es el responsable de identificar sobre la ausencia o aparente insuficiencia de las disposiciones de seguridad en el software.

7. Educación

La educación asegura que las personas involucradas con el desarrollo de software, y aquellas personas que usan el software una vez que se desarrolla, hayan hecho su trabajo correctamente. Es importante para la calidad del software que los productores sean educados en el uso de las diversas herramientas de desarrollo que están a su disposición. El uso adecuado del software una vez que se ha desarrollado y puesto en funcionamiento es otra área que requiere educación ya que, el usuario del software debe hacer uso efectivo de las capacidades del sistema de software.

Se espera que el aseguramiento de la calidad de software supervise la educación del personal involucrado en el diseño de calidad de software.

8. Administración de los proveedores

Cada tipo de software comprado a los proveedores, tiene su propio enfoque de sistema de calidad de software, y cada uno debe manejarse de una manera adecuada al grado de control que el comprador tiene sobre el proceso de desarrollo utilizado por el productor. Existen tres categorías de software que se adquieren: paquetes contenidos en una caja; un Shell personalizado, que se adapta de manera única a las necesidades del comprador; y software contratado.

El aseguramiento de calidad se encarga de garantizar que se obtenga software de calidad alta que proporcione calidad en su efecto y de la incorporación de cláusulas

de calidad como parte de cualquier contrato con un proveedor.

9. Seguridad

A medida que las computadoras y el software aumentan en importancia e impactan cada vez más en nuestras vidas, la seguridad de los dispositivos se convierte en una preocupación importante. Cada proyecto de software debe considerar conscientemente las implicaciones de seguridad del software y del sistema del que forma parte. El plan de gestión del proyecto debe incluir un párrafo que describa los problemas de seguridad que deben considerarse. Si es apropiado, se debe preparar un plan de seguridad del software.

El aseguramiento de calidad es responsable de evaluar el efecto de las fallas del software y de dar los pasos que se requieren para disminuir el riesgo.

10. Administración de Riesgo

Hay varios tipos de riesgos asociados con cualquier proyecto de software. Los riesgos pueden ser simples, como la disponibilidad de personal capacitado para llevar a cabo el proyecto, o complejos como la implementación incorrecta de algoritmos complicados. La administración del riesgo incluye la identificación del riesgo; determinar la probabilidad, costo o amenaza del riesgo; y tomar medidas para eliminar, reducir o aceptar el riesgo. El riesgo y su tratamiento es un tema necesario en el plan del proyecto y puede merecer su propio plan de gestión de riesgos.

El Aseguramiento de calidad es responsable de evaluar el efecto de las fallas del software y de dar los pasos que se requieren para disminuir el riesgo.

1.4.11.2 Aseguramiento de la Calidad en los elementos del Software

El aseguramiento de calidad tiene la responsabilidad de planear, supervisar, registrar, analizar y hacer reportes acerca de la calidad. Cada una de las acciones de aseguramiento de la calidad mencionadas sobre los elementos de la calidad de software buscan satisfacer las necesidades de calidad como se menciona a continuación [52]:

- ❑ **Calidad de los requerimientos:** Para alcanzar un alto nivel de calidad es importante la corrección, completitud y consistencia del modelo de requerimientos ya que con los mismo se tendrá una gran influencia en la calidad de todos los productos del trabajo que sigan.
- ❑ **Calidad del diseño:** Es la búsqueda de atributos de diseño como indicadores de calidad, que dan lugar a tener todos los elementos del modelo del diseño en constante evaluación y permiten asegurar que sea de alta calidad y que el diseño se apegue a los requerimientos.
- ❑ **Calidad del código:** El código fuente deben apegarse a los estándares locales de codificación.
- ❑ **Eficacia del control de calidad:** Se debe hacer uso adecuado de los recursos asignados para revisiones y pruebas de tal forma que tenga la máxima probabilidad de lograr un resultado de alta calidad en el control de calidad.

1.4.12 Técnicas de Revisión

Las revisiones de calidad de software son múltiples, sin embargo, la característica principal es ser un filtro para el proceso del software, que sirve para descubrir errores y defectos a fin de poder eliminarlos a tiempo. Las revisiones del software pulen cada uno de los productos del trabajo de la ingeniería de software desde el principio con los modelos de requerimientos y diseño, código y datos de prueba. Para tener claro una revisión de software es importante definir que es error y defecto. Error es el problema de calidad que se detecta antes de que el software se entregue a los usuarios finales y defecto es el problema de calidad que se encuentra después de haber entregado el software a los usuarios finales. El principal objetivo de las revisiones técnicas es encontrar errores durante el desarrollo del software, a fin de que no se conviertan en defecto después de liberar el software. El beneficio de encontrar o descubrir errores tempranamente al realizar revisiones técnicas es evitar que se propaguen los errores a la siguientes etapas del proceso del software. Las técnicas de revisión de calidad de software conllevan consigo una serie de aspectos importantes los cuales definiremos a continuación [53]:

1.4.12.1 Métricas de revisión y su empleo

Las revisiones técnicas son una de varias alternativas que se requieren en las buenas prácticas de la ingeniería de software. A pesar que se han definido algunas métricas para las revisiones técnicas, existe un conjunto pequeño que da una perspectiva útil. Las siguientes métricas para la revisión pueden obtenerse conforme se efectúe ésta:

Esfuerzo de preparación (Ep): Esfuerzo (en horas-hombre) requerido para revisar un producto del trabajo antes de la reunión de revisión real.

Esfuerzo de evaluación (Ea): Esfuerzo requerido (en horas-hombre) que se dedica a la revisión real.

Esfuerzo de la repetición (Er): Esfuerzo (en horas-hombre) que se dedica a la corrección de los errores descubiertos durante la revisión.

Tamaño del producto del trabajo (TPT): Medición del tamaño del producto del trabajo que se ha revisado.

Errores menores detectados (Errmenores): Número de errores detectados que pueden clasificarse como menores.

Errores mayores detectados (Errmayores): Número de errores encontrados que pueden clasificarse como mayores.

Esfuerzo total de revisión: Se define como la suma del esfuerzo de preparación, esfuerzo de evaluación y esfuerzo de repetición.

$$E_{revisión} = E_p + E_a + E_r \quad (1.1)$$

$$E_{rtot} = E_{rmenores} + E_{rmayores} \quad (1.2)$$

Densidad del error: Representa los errores encontrados por unidad de producto del trabajo

revisada.

$$Densidaddeerror = \frac{Err_{tot}}{TPT} \quad (1.3)$$

1.4.12.2 Formalidad de las Revisiones Técnicas

Las revisiones técnicas deben ejecutarse de manera formal adecuadamente, y dependen del producto que se va a elaborar, para el plazo que tiene el proyecto y para el personal que realice el trabajo. Se han identificado cuatro características que ayudan a la formalidad con la que se efectúa una revisión:

- Se definen explícitamente roles distintos para los revisores.
- Hay suficiente cantidad de planeación y preparación para la revisión.
- Se define una estructura distinta para la revisión.
- El seguimiento por parte de los revisores tiene lugar para cualesquiera correcciones que se efectúen.

Depende de la formalidad de las revisiones, pueden ser formales e informales.

1. Revisiones Técnicas Informales

Las revisiones informales son una simple verificación de escritorio dentro de un trabajo de ingeniería de software, la cual está realizada por un compañero de trabajo, o una reunión no estructurada con la finalidad de revisar un producto o aspectos orientados a la revisión de programación. Sin embargo, al no existir una planeación o preparación para la revisión por adelantado, ni agenda o estructura de la reunión, y no se da el debido seguimiento a los errores que sean descubiertos, por tanto, la eficacia de estas revisiones es menor que la de los enfoques formales.

2. Revisiones Técnicas Formales

Una revisión técnica formal consiste en actividades de control de calidad del software, generalmente es realizada por ingenieros de software. Los objetivos de una revisión técnica formal son:

- ❑ Descubrir los errores en funcionamiento, lógica o implementación de software.
- ❑ Verificar que los requerimientos del software se cumplen.
- ❑ Analizar que los estándares predefinidos se representan en el software.
- ❑ Obtener un software que ha sido desarrollado de manera uniforme y hacer los proyectos más manejables.

Las revisiones técnicas formales tendrán éxito sólo si están bien planeadas, controladas y ejecutadas en forma apropiada.

❑ La reunión de revisión

Las reuniones de las revisiones técnicas formales están formadas por un número de personas aproximado de 3 a 5. Las duraciones de estas reuniones deben tener una duración de más de dos horas. La reunión comienza con el análisis de la agenda de trabajo y una breve introducción. Una vez entendido el producto debe ser recorrido por sus partes, explicándose cada una de sus partes, mientras los revisores hacen sus comentarios con base en la preparación que hicieron. En el momento que se descubren problemas se debe tomar nota de ellos. Todo esto con el fin de ver la necesidad o requerir cambios al producto rechazándolo o aceptándolo con previas modificaciones. Estas reuniones deben ser documentadas por lo cual los asistentes a la reunión deben formar un acta, la cual indicara su participación y todos los hallazgos en la revisión del producto.

❑ Reporte y registro de la revisión

Consiste en el registro de cada uno de los aspectos a revisar en el producto, lo cual permite tener un resumen de la reunión y producir una lista de las actividades realizadas sobre una revisión y las que quedan pendientes. Todo este registro se los debe hacer en un reporte técnico formal. El reporte técnico formal se caracteriza por responder las siguientes preguntas:

- ❖ ¿Qué fue lo que se revisó?

- ✧ ¿Quién lo revisó?
- ✧ ¿Cuáles fueron los descubrimientos y las conclusiones?

□ **Lineamientos para la revisión**

Los lineamientos para efectuar revisiones técnicas formales se establecen por adelantado, además de ser distribuida a todos los revisores, llegar al consenso y, finalmente, seguirse. Una revisión debe llevar consigo un control ya que, si no es así, es mejor que no se hiciera ninguna. A continuación, se muestran el conjunto de lineamientos con los que debe contar mínimamente una revisión técnica formal:

- ✧ Revisar el producto, no al productor.
- ✧ Establecer una agenda y seguirla.
- ✧ Limitar el debate y las contestaciones.
- ✧ Enunciar áreas de problemas.
- ✧ Tomar notas por escrito.
- ✧ Limitar el número de participantes e insistir en la preparación previa.
- ✧ Desarrollar una lista de verificación para cada producto que sea probable que se revise.
- ✧ Asignar recursos y programe tiempo para las revisiones.
- ✧ Dar capacitación significativa a todos los revisores.

1.4.13 Estrategias de Prueba de Software

El propósito de las estrategias de prueba de software es proporcionar una guía que describa los pasos que deben realizarse como parte de la prueba, esto cuándo se planea y se lleve a cabo dichos pasos, además proporcionar información de cuánto esfuerzo, tiempo y recursos se requerirán. Cualquier estrategia de prueba debe incorporar la planificación de la prueba, el diseño de casos de prueba, la ejecución de la prueba y la recolección y evaluación de los resultados [54]. Las estrategias de pruebas de software, integran técnicas de diseño de casos de pruebas en una serie de pasos perfectamente planificados, que dan como resultado una correcta construcción del software. La estrategia de prueba de software debe ser suficientemente flexible para así poder promover la creatividad y la adaptabilidad

necesarias para adecuar la prueba a todos los grandes sistemas basados en software, así también la estrategia de prueba de software debe ser suficientemente rígida para promover un seguimiento razonable de la planificación y la gestión a medida que progresa el proyecto. Las estrategias de las pruebas de software verifican desde el inicio que se fueron planeando hasta evaluar los resultados obtenidos de las mismas, y de esta manera poder corregir los defectos y errores del software [55]. Las pruebas de software son un conjunto de actividades que pueden planificarse anticipadamente y realizarse de manera sistemática. Es por esto que, para el proceso de software, debe definirse una plantilla para la prueba del software. Todas las plantillas para prueba de software proporcionan las siguientes características genéricas:

- Para poder ejecutar una prueba efectiva, debe realizar revisiones técnicas efectivas.
- La prueba empieza por los componentes y opera “hacia afuera”, buscando la integración de todo el sistema de cómputo.
- Hay que identificar que técnicas de prueba son adecuadas para distintos enfoques de ingeniería de software y en diferentes momentos en el tiempo.
- Las pruebas las realiza el desarrollador.
- Se debe incluir la depuración en la prueba, a pesar de ser actividades diferentes.

A continuación se definirán tres estrategias de prueba de software [31]:

1.4.13.1 Verificación y Validación

La validación y verificación de software son conocidas como una prueba de software que define un conjunto de actividades, procedimientos, técnicas que son utilizadas en paralelo con el desarrollo, y de esta forma poder asegurar que el software cumpla con los requerimientos establecidos por el cliente.

- La verificación es la manera de comprobar que el software está en torno con su especificación. Además, se valida que el sistema cumple los requerimientos funcionales y no funcionales que le han especificado previamente.

- ❑ La validación sería la forma de ver si el software funciona de acuerdo a las especificaciones planteadas para su realización. Para entender mejor se define en el software como verificación al “¿Construimos el producto correctamente?” y validación al: “¿Construimos el producto correcto? [56].

El objetivo de la Verificación y Validación es:

- ❑ Detectar y corregir los defectos a tiempo en el ciclo de vida del software.
- ❑ Mermer los riesgos, las desviaciones sobre los presupuestos y también del programa de los tiempos.
- ❑ Mejorar la calidad y fiabilidad del software.
- ❑ Mejorar la visibilidad de la gestión del proceso de desarrollo.
- ❑ Valorar de manera rápida los cambios propuestos y sus consecuencias.

1.4.13.2 Organización para realizar las pruebas de software

En los proyectos de software desarrollados han existido una variedad de conflictos de intereses, en especial cuando es tiempo de realizar las pruebas.

Es importante que la persona que haya construido el software lo pruebe, ya que lo entenderá bien debido a su conocimiento sobre el mismo. Sin embargo, los programadores son los menos interesados en poder demostrar que el programa que desarrollaron se encuentre sin de errores, que funciona de acuerdo con los requerimientos o especificaciones acordados por el cliente y se encuentre listo con los plazos y presupuestos determinados.

Todo lo referente al software en su construcción acordado se convertirán en inconvenientes al momento de encontrar errores a lo largo del proceso de las pruebas. Si los errores una vez detectados no son afrontados por los desarrolladores, el cliente si los podrá encontrar y será un proyecto que no satisface las necesidades del cliente.

La persona que es la responsable del desarrollo de software, debe ser el encargado de probar cada una de las unidades individuales de los módulos del programa, para así lograr asegurarse de que cada una lleve a cabo la función para la cual fue diseñada.

1.4.13.3 Estrategia de prueba del software - Visión general

El proceso de la ingeniería de software se la puede observar como se muestra en Figura 1.3 en forma de un espiral. Desde el inicio la ingeniería del sistema define el papel del software, y lleva consigo análisis de los requisitos del software, en donde con esto se establecerá el dominio de información, función, comportamiento, rendimiento, restricciones y los criterios de validación del software.

Una vez en el interior de la espiral, se llega al diseño y por ultimo a la codificación. Para desarrollar software de computadora, se requiere recorrer la espiral hacia el interior a través de una línea bien definida que disminuyen el nivel de abstracción de cada vuelta.

Se puede observar la estrategia para la prueba del software en el contexto de la espiral. La prueba de unidad inicia en el vértice de la espiral y se va centrando en cada unidad de software, de manera que esta implementada en el código fuente.

La prueba avanza, al hacia fuera de la espiral, hasta que haya llegado a la prueba de integración, en donde el enfoque se centra en el diseño y la construcción de la arquitectura del software.

En la siguiente vuelta por la espiral hacia afuera, se encuentra la prueba de validación que es donde se validan todos los requisitos planteados como parte del análisis de requerimiento del software y de esta manera compararlos con el sistema que ha sido construido.

Para terminar, la prueba del sistema es en la que se deberá probar todo el software y otros elementos del sistema.

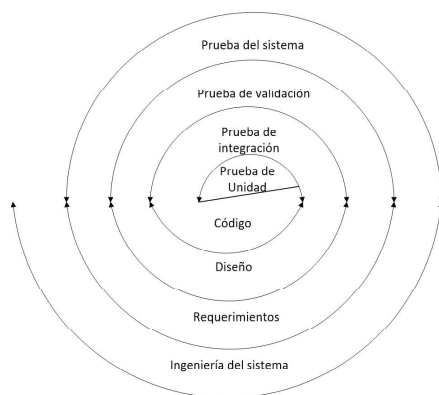


Figura 1.3: Adaptada por el autor; Estrategia de pruebas [31].

1.4.14 Pruebas de Aplicaciones Web

La calidad en una aplicación web es el resultado de un buen diseño y se evalúa aplicando una serie de revisiones técnicas valorando elementos del modelo de diseño. Para las pruebas de aplicaciones web es importante considerar las siguientes dimensiones de calidad [57]:

- Contenido.
- Función.
- Estructura.
- Usabilidad.
- Navegabilidad.
- Rendimiento.
- Compatibilidad.
- Interoperabilidad.
- Seguridad.

El diseño es la actividad de la ingeniería más importante que genera un producto de alta calidad. Al considerar el diseño importante para que un producto sea de alta calidad y al tomar en cuenta las dimensiones más relevantes de un producto web de calidad, se considera el proceso de diseño como se muestra en la Figura 1.4 [54]:

Diseño de la interfaz: La interfaz de una aplicación web establece una ventana congruente en el contenido y las funciones que brinda, además guía al usuario a través de una serie de interacciones con la aplicación web y procura organizar las opciones de navegación y contenido disponibles para el usuario.

Diseño de la estética: Es una actividad artística que complementa los aspectos técnicos del diseño de las aplicaciones web, es la parte atractiva de la aplicación web.

Diseño del contenido: Se desarrolla de una representación de los objetos de desarrollo en su contenido y la que es llevado a cabo por escritores, diseñadores gráficos y otros actores que generan el contenido que se usará en la aplicación web.

Diseño arquitectónico: Se centra en la manera en la que los objetos de contenido se estructuran para la presentación y la navegación.

Diseño de la navegación: Son las rutas de navegación que permitan a los usuarios acceder al contenido y a las funciones de la aplicación web.

Diseño en el nivel de componentes: Es el ambiente de implementación, los lenguajes de programación, los patrones de diseño, estructuras y software, siempre siendo el enfoque general del diseño el mismo.



Figura 1.4: Adaptada por el autor; Diseño de aplicaciones Web [31].

Una vez definido el diseño de las aplicaciones web para la evaluación se avanzará sobre la funcionalidad del contenido e interfaz, conforme se avanza la prueba se evalúan aspectos de arquitectura y navegación. Finalmente, las pruebas se centrarán sobre las capacidades tecnológicas como se muestra en la Figura 1.5 [54].

Prueba de contenido

La aplicación web puede tener errores de contenido muy comunes como errores tipográficos, así como complejos como información incorrecta, inadecuada o que violen la ley de propiedad intelectual. La prueba de contenido tiene como objetivo descubrir errores sintácticos presentes ya sean en documentos de texto o representaciones gráficas; descubrir errores semánticos en los objetos de contenido acorde a la navegación que presente, es decir errores en la precisión o completitud de la información y hallar errores en el contenido de organización o estructura.

Prueba de interfaz de usuario

Para la correcta evaluación de una interfaz de usuario, se la evalúa en tres puntos. El primero es en el análisis de requerimientos, para así evaluar la conformidad del modelo de interfaz con los requerimientos. En segundo lugar, para garantizar que los criterios de calidad establecidos para interfaz de usuario sean aplicados, se evaluara sobre la etapa de diseño; durante la prueba se puede verificar la sintaxis como la semántica de la interfaz. Además, la prueba proporciona una valoración final de la usabilidad. El último punto de prueba de la interfaz gráfica ocurre a través de un usuario que interactúa con la aplicación web. Para la prueba de interfaz de usuario se debe considerar la influencia significativa que tendrán sobre la operación de la aplicación web las diferentes computadoras, dispositivos de despliegue, sistemas operativos, navegadores y velocidades de conexión de red.

Prueba en el nivel de componente

Es también llamada prueba de función, la misma que se encarga de descubrir los errores sobre las funciones de la aplicación web, cada función es un componente de software. Las formas más usuales de diseño de las funciones son: Partición de equivalencia. Consiste en dividir una función en categorías o clases de entrada. Las pruebas se derivan a partir de las categorías o clases de entrada. Análisis de valor de frontera. Los datos de los formularios se prueban en sus fronteras. Prueba de rutas. Consiste en las posibles rutas de navegabilidad y su lógica en la aplicación web.

Prueba de navegación

La navegación sobre la aplicación web no es específica, más bien es impredecible ya que el usuario puede elegir una ruta diferente para un mismo objetivo. Sin embargo, el propósito de la prueba de navegabilidad es garantizar que son cada uno de los mecanismos funcionales y permiten al usuario de la aplicación web recorrerla además de validar que cada unidad semántica de navegación pueda lograr la categoría de usuario apropiada. La navegabilidad en una aplicación web va más allá de las rutas ya que se consideran mecanismos de navegación a los siguientes [58].

- Vínculos de navegación:** Son vínculos internos dentro de la aplicación web y vínculos externos hacia otras aplicaciones web.
- Redirecciones:** Son vínculos usados cuando se solicita una URL y está esta inexis-

tente o ha sido removi3 o cuyo nombre cambi3. Marcas de p3gina: la aplicaci3n web debe garantizar la extracci3n de un t3tulo de p3gina significativo conforme se crea la marca.

- ❑ **Marcos y framesets:** Los marcos son contenido que incluye una p3gina web espec3fica; un frameset contiene m3ltiples marcos y permite el despliegue de m3ltiples p3ginas web al mismo tiempo.
- ❑ **Mapas de sitio:** es la encargada de proporcionar una tabla de contenido de las p3ginas web.

Prueba de configuraci3n

Tanto factores como hardware, sistemas operativos, navegadores, capacidad de almacenamiento, capacidad de procesamiento son un desaf3o para las aplicaciones web sobre todo en su configuraci3n. El resultado de esto puede causar el inadecuado funcionamiento de la aplicaci3n web provocando as3 errores significativos para el cliente. La prueba de configuraci3n consiste en probar un conjunto de posibles configuraciones en donde no se vea afectado la compatibilidad de configuraciones del cliente con la aplicaci3n web aislando los posibles errores. Se debe manejar un numero de variables de configuraci3n reducido, para el dise3o de pruebas de configuraci3n o a su vez pueden usarse datos de participaci3n de mercado para predecir las posibles combinaciones de componentes m3s usadas.

Prueba de seguridad

Existen un numero amplio de vulnerabilidades a la que se tiene que enfrentar una aplicaci3n web ya se en el entorno de servidor o en el entorno del cliente. Es tarea de las pruebas de seguridad hacer un barrido sobre las posibles vulnerabilidades a la que se puede enfrentar la aplicaci3n web. Es importante para identificar las posible vulnerabilidades se implemente los siguientes elementos de seguridad [59]:

- ❑ **Firewall:** Es la combinaci3n de hardware y software que permite examinar los paquetes de informaci3n verificando as3 que provienen de una fuente legitima y bloquea cualquier dato sospechoso.
- ❑ **Autenticaci3n:** Es el encargado de validar la identidad ya sea de los clientes o servidores, donde permite que la comunicaci3n ocurra solamente cuando ambos lados se

verifican.

- ❑ **Encriptado:** Es un mecanismo que codifica los paquetes de datos sensibles y no sean modificados. El encriptado se fortalece usando certificados digitales que permiten al cliente verificar el destino al que se transmiten los datos.

Prueba de rendimiento

La prueba de rendimiento se refiere a evaluar eventos donde se hace uso exhaustivo de los recursos de una aplicación web. Se presentan problemas de rendimiento llevando al funcionamiento degradado de la aplicación web, cuando hace falta de recursos en el lado servidor, red con ancho de banda inadecuada, capacidades de base de datos inadecuadas, capacidades de sistema operativo deficientes o débiles, funcionalidad de la aplicación web pobremente diseñada y otros conflictos de hardware o software. La principal función de las pruebas, es recopilar mediciones que conducirán a modificaciones de diseño para mejorar el rendimiento. Las pruebas de rendimiento son diseñadas para simular circunstancias de carga del mundo real, para lo cual se hace uso de las siguientes estrategias:

- ❑ **Prueba de carga:** Consiste en determinar cómo responderá la aplicación web frente a diferentes condiciones de carga del lado servidor.
- ❑ **Prueba de esfuerzo:** Es una prueba de carga, pero llevando la aplicación web más allá de sus limitantes operativos.

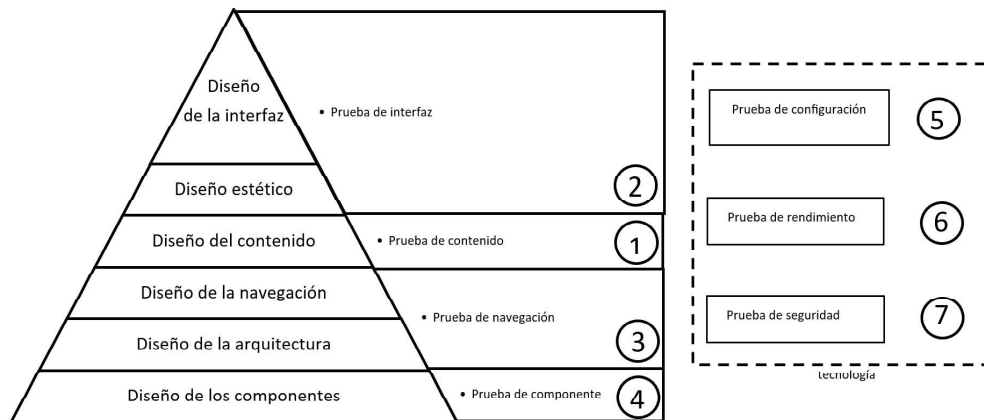


Figura 1.5: Adaptada por el autor; Pruebas de Aplicaciones Web [54].

1.4.15 Pruebas de Aplicaciones Móviles

La tecnología móvil va en aumento rápidamente en comparación a otras tecnologías en el pasado. Esto tiene implicaciones importantes ya que cada producto debe mostrar calidad, para así evitar errores catastróficos al momento de pensar en los competidores. Las pruebas de software buscan descubrir y corregir errores antes que las aplicaciones móviles se presenten a la comunidad de usuarios. Generalmente las actividades y metas que proporcionan una base para las pruebas de aplicaciones móviles son [60]:

- ❑ **Pruebas de funcionalidad y comportamiento:** Son actividades que validan funciones de servicio y comportamientos del sistema basado todo en el sistema y usuario.
- ❑ **Pruebas de Calidad y Servicio:** Actividades que evalúan el rendimiento la escalabilidad, disponibilidad y la carga del sistema.
- ❑ **Pruebas de interoperabilidad:** Actividades que verifican el funcionamiento del sistema en diferentes dispositivos, plataformas, navegadores y redes inalámbricas.
- ❑ **Pruebas de usabilidad e internacionalización:** Actividades que evalúan los escenarios de operación de la aplicación con el usuario y su interacción con el contenido.
- ❑ **Pruebas de seguridad y privacidad:** Actividades que verifican la seguridad de las comunicaciones, las transacciones de extremo a extremo además de la autenticación del usuario, la seguridad del dispositivo, la seguridad de la sesión y privacidad del usuario.
- ❑ **Pruebas de movilidad:** Actividades que validan funciones basadas en la ubicación, perfiles de usuario, datos del sistema y datos del usuario.
- ❑ **Pruebas de compatibilidad y conectividad:** Actividades que evalúan la compatibilidad de la plataforma y el navegador móvil y las diversas conectividades de red inalámbrica.
- ❑ **Pruebas de multitenencia:** Actividades que validan la carga de datos en el sistema.

Existe una variedad de procesos para las pruebas de aplicaciones móviles, sin embargo, cada una de estas persiguen alcanzar la calidad de las funciones, comportamientos, rendimiento y calidad de servicio, así como características, como movilidad, facilidad de uso,

interoperabilidad, conectividad, seguridad y privacidad. Un proceso de prueba basada en la experiencia de ingeniería y observaciones para aplicaciones móviles se muestra en la Figura 1.6 y se describe a continuación [60]:

- ❑ **Prueba de componentes:** Esta prueba consiste en probar la interacción de a aplicación con el sistema además incluye pruebas de caja blanca y negra.

- ❑ **Prueba de funciones:** Verifica las funciones, escenarios y comportamientos de la GUI.

- ❑ **Pruebas de calidad y servicio:** Se enfoca en los atributos de calidad y servicio como: el rendimiento, la confiabilidad, la disponibilidad y la seguridad.

- ❑ **Prueba de características:** Valida la conectividad de red, compatibilidad, interoperabilidad, movilidad y usabilidad

- ❑ **Prueba de servicio:** Analiza los servicios, incluyendo descarga, instalación, implementación, seguridad del servicio y sincronización.

El crecimiento del mercado de aplicaciones móviles es agigantado, trayendo consigo la demanda de pruebas de aplicaciones móviles para garantizar que estas son de garantía. Para hacer frente a la demanda de pruebas, se han presentado soluciones automatizadas. Las pruebas de aplicaciones móviles automatizadas ofrecen de manera prometedora y rentable de satisfacer las diversas necesidades que requieren las aplicaciones móviles. Sin embargo la mayoría de estas pruebas de aplicaciones móviles se centran en la prueba de usabilidad y la internalización [61].

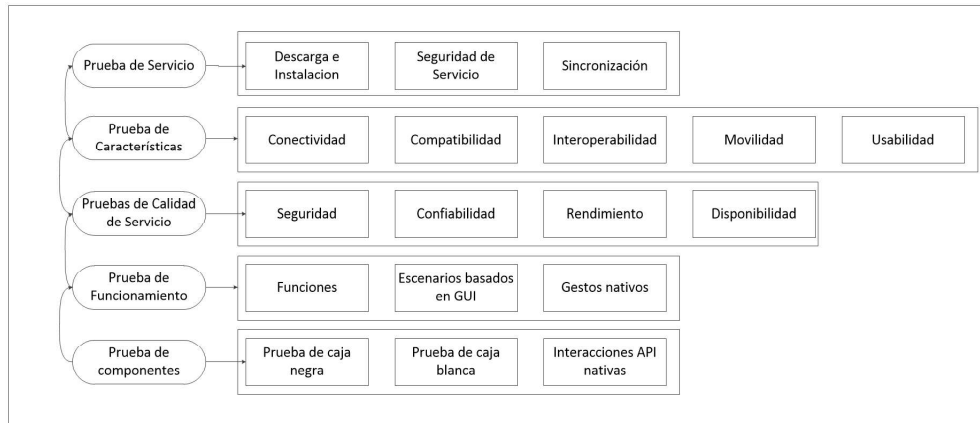


Figura 1.6: Adaptada por el autor; Pruebas en Aplicaciones Móviles [60].

1.4.16 Métricas de Producto

El proceso de asignar números o símbolos a los atributos de las entidades en el mundo real se denomina medición. En la actualidad es posible medir atributos de las ciencias físicas, medicina, economía y más recientemente en ciencias sociales. Sin embargo no todas las mediciones que son tan refinadas como muchas mediciones en las ciencias físicas, sin embargo con base en ellas se toman decisiones importantes [62].

En el proceso de ingeniería es indispensable la medición. Tales medidas permiten entender mejor los atributos de los modelos creados para así valorar la calidad de los productos. En el mundo de software las mediciones y métricas por lo general son indirectas, y están abiertas a debate. A pesar que las métricas de un producto de software suelen ser imperfectas, de una manera sistemática pueden proporcionar un valor de calidad en torno a un conjunto de reglas que estén bien definidas. Esto permite antes que se convierta en un defecto catastrófico de software, identificar y corregir potenciales problemas.

Medidas, métricas e indicadores

Los términos medida, medición y métrica son usados de forma intercambiable, sin embargo es importante identificar las sutiles diferencias entre ellos.

- ❑ **Medición:** Es el acto de determinar una medida.
- ❑ **Métrica:** Se define como una medida cuantitativa ya sea de un sistema, componente o

proceso que posean un atributo determinado.

- ❑ **Indicador:** Es una métrica o combinación de métricas que proporcionan comprensión acerca del proceso de software, el proyecto de software o el producto en sí.

Principios de medición

Es importante tener un proceso de medición antes de presentar una serie de métricas de producto, ya que estas van a auxiliar en la evaluación de los modelos de análisis y diseño, proporcionando un indicio de la complejidad de los diseños procedimentales y del código fuente, además, facilitaran el diseño de pruebas más efectivas, se sigue cinco actividades para esto [63]:

- ❑ **Formulación:** Las medidas y métricas sirven para la correcta representación del software que se está construyendo.
- ❑ **Recolección:** Las métricas formuladas debe ser alimentadas, por tanto se deben usar mecanismos para acumular datos.
- ❑ **Análisis:** Para analizar los datos es importante el cálculo de las métricas y la aplicación de herramientas matemáticas.
- ❑ **Interpretación:** Evaluación de las métricas resultantes para comprender la calidad de la representación.
- ❑ **Retroalimentación:** Son recomendaciones del resultado de la interpretación de las métricas del producto, estas deben ser transmitidas al equipo de software.

Atributos de las métricas de software efectivas

En la actualidad existe un sin numero de métricas para el software, sin embargo no todas apoyan al software. Las métricas que existen por lo general son muy complejas o muy particulares y no es fácil determinar lo que realmente es el software de alta calidad. Un buen atributo cumple con los siguientes características [64]:

- ❑ **Simple y calculable:** La métrica en su calcule no debe demandar mucho esfuerzo o tiempo.

- ❑ **Empírica e intuitivamente convincente:** El Atributo de producto que se evalúa a través de la métrica debe satisfacer las nociones intuitivas del ingeniero.
- ❑ **Congruente y objetiva:** Los valores de las métricas no deben ser resultados que tengan ambigüedades.
- ❑ **Constante en su uso de unidades y dimensiones:** Las unidades que son producto del cálculo matemático de la métrica no debe tener combinaciones extrañas.
- ❑ **Independiente del lenguaje de programación:** Las métricas no pueden depender del lenguaje de programación, más bien deben ser basadas en el modelo de requerimientos, el modelo de diseño o la estructura del programa en sí.
- ❑ **Un mecanismo efectivo para retroalimentación de alta calidad:** Debe proporcionar información que pueda conducir a un producto final de mayor calidad.

1.4.17 Revisión Sistemática de la Literatura

Una revisión sistemática de la literatura es un tipo de investigación científica por el cual se revisa la literatura científica sobre un tópico que se empieza con la formulación de una pregunta de forma clara y objetiva, utilizando métodos sistemáticos y explícitos para localizar, seleccionar y valorar críticamente las investigaciones relevantes a dicha pregunta además aplicando protocolos sistemáticos para el almacenamiento de datos e información de dichas investigaciones, con el objetivo de alcanzar conclusiones válidas y objetivas sobre qué es lo que dicen las evidencias sobre dicho tópico [65]. Una revisión sistemática “es la aplicación de estrategias que limitan la comisión de sesgos al integrar, analizar críticamente y sintetizar todos los estudios relevantes sobre un tópico” [66].

Las revisiones sistemáticas tienen 2 ventajas fundamentales. La primera es que, al combinar la información de diversos estudios, permiten analizar la consistencia de los resultados. Una segunda ventaja importante es que, un efecto similar, en diferentes ámbitos y utilizando diseños distintos da una idea de cuán robustos y trasladables son los resultados de muestra en otros ámbitos [67]. Esquemáticamente, las ventajas de la RS son [67]:

- ❑ Es una técnica científica eficiente.

- ❑ Aumenta la generalizabilidad en los resultados.
- ❑ Aumenta la consistencia de los resultados.
- ❑ Con ella aumentan el poder y la precisión de la estimación.
- ❑ Permite hacer una evaluación exacta de las informaciones publicadas.

1.4.17.1 Fases de una Revisión Sistemática

Una revisión sistemática, es un artículo, en el cual se realiza una revisión de aspectos cuantitativos y cualitativos de estudios primarios, su objetivo de resumir la información existente respecto de un tema en específico. Los investigadores una vez recolectados los artículos de interés; los analizan, y comparan la evidencia que aportan con la de otros similares. A continuación se describen las de una revisión sistemática [68]:

Fase 1: Formulación de la pregunta u objetivo de la revisión

Incluye antecedentes; objetivos; fuente de los datos; criterios de elegibilidad de los estudios, participantes e intervenciones; evaluación de los estudios y métodos de síntesis; resultados; limitaciones; conclusiones e implicaciones de los hallazgos principales.

Fase 2: Definición de las fuentes y del método de búsqueda

Implica describir lo que se conoce del tema y comentar la necesidad de la RS haciendo referencia a la importancia del problema. Plantear de forma explícita las preguntas que se desea contestar en relación con los participantes, las intervenciones, las comparaciones, los resultados y el diseño de los estudios.

Fase 3: Definición y aplicación de criterios de selección de los estudios

Especificar las características de los estudios y de las características de la búsqueda utilizadas como criterios de elegibilidad y su rusticación. Listar y definir todas las variables para las que se buscaron datos.

Fase 4: Análisis crítico de los estudios

Valorar el número de registros en cada etapa de selección de criterios de estudio.

Fase 5: Extracción y síntesis de los resultados de los estudios

Resumir los hallazgos principales, incluyendo la fortaleza de las evidencias para cada resultado principal. Discutir las limitaciones de los estudios y de los resultados.

Fase6: Conclusiones e inferencias Proporcionar una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.

1.4.18 Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

El número de publicaciones científicas se ha incrementado considerablemente, por lo que se ha visto la necesidad de formular y sintetizar la información más relevante para que resulte más práctica. Además, los estudios tienen limitaciones de diferente naturaleza y pocas veces un único estudio permite dar respuesta a las cuestiones planteadas. PRISMA es una guía de publicación de la investigación que diseñada para mejorar la integridad del informe de revisiones sistemáticas y meta análisis. PRISMA desde su publicación en 2009, ha sido utilizada por una gran cantidad de autores para planificar, preparar y publicar sus revisiones sistemáticas y meta análisis [69]. PRISMA ha permitido mejorar la calidad de publicación y resultados de las revisiones sistemáticas y los meta análisis.

PRISMA es aplicable a todo tipo de revisiones sistemáticas, no se limita al meta análisis de ensayos clínicos. PRISMA se ha concebido como una herramienta para contribuir a mejorar la claridad y la transparencia en la publicación de revisiones sistemáticas [70]. PRISMA incorpora algunos aspectos conceptuales y metodológicos que se relacionan con la metodología de las revisiones sistemáticas que han surgido en los últimos periodos y se han identificado 4 aspectos conceptuales [71]:

- El proceso de desarrollo de una revisión sistemática es de carácter iterativo.
- La conducción en el proceso de la revisión y la publicación de un estudio de investigación son conceptos distintos.
- El grado en que una revisión puede arrojar conclusiones fiables dependerá si la evaluación del riesgo de sesgo es a nivel de los estudios o de los resultados.
- Las revisiones sistemáticas deben tratar de incorporar información de todos los estu-

dios que sean relevantes para el tema de la revisión.

PRISMA se ha creado como una herramienta para contribuir a la claridad y la transparencia en la publicación de revisiones sistemáticas. PRISMA no se ha formulado como un instrumento para medir la calidad de las revisiones y no deberá ser utilizado así.

Diagrama de flujo de la información

El flujo de información en las fases de PRISMA que se puede observar en la Figura 1.8 parte desde los registros o las citas identificados en las búsquedas realizadas en las diferentes bases de datos u otras fuentes utilizadas, después de obtener un número total de registros o citas únicas, una vez eliminados los duplicados, finalmente termina con los estudios individuales incluyendo la síntesis cualitativa (revisión sistemática) y cuantitativa (meta análisis).

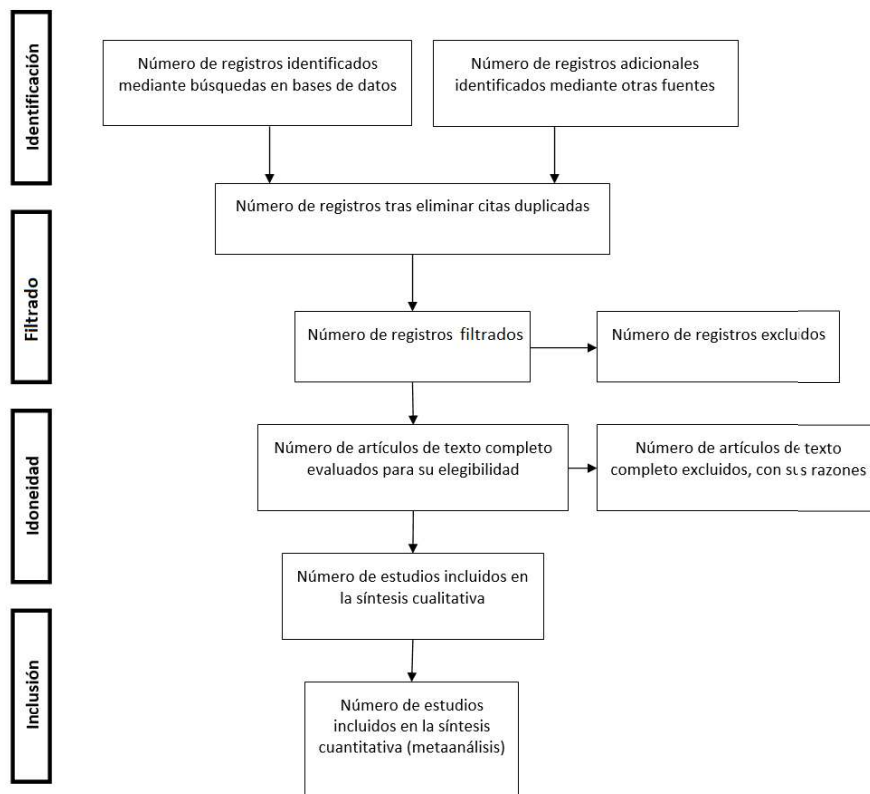


Figura 1.7: Adaptada por el autor; Diagrama de Flujo de Información en PRISMA [71].

1.4.19 Guías para realizar Revisiones de Literatura Sistemática en Ingeniería de Software - Elseiver

El objetivo de la guía es proporcionar los lineamientos necesarios para revisiones sistemáticas de literatura apropiadas enfocada en los investigadores de ingeniería de software y estudiantes de doctorado. Las revisiones sistemáticas de la literatura inicialmente fueron usadas únicamente para apoyar a la medicina basada en la evidencia, sin embargo, esta guía construye pautas necesarias para la investigación en el campo de la ingeniería de software que tiene poca investigación empírica con respecto al campo médico. Las guías fueron escritas en base a tres principios [72]:

- Proyecto de Ingeniería de Software basada en evidencia de la Universidad de Keele y la Universidad de Durham.
- Reuniones con expertos en dominios en una variedad de disciplinas interesadas en la práctica basada en evidencia.
- Libros que describen los principios de revisión sistemática.

Las revisiones sistemáticas conllevan varias actividades. Sin embargo, esta guía resumen en tres fases principales con sus actividades [72]: Planificación de la Revisión, Realización de la Revisión, Informe de la Revisión.

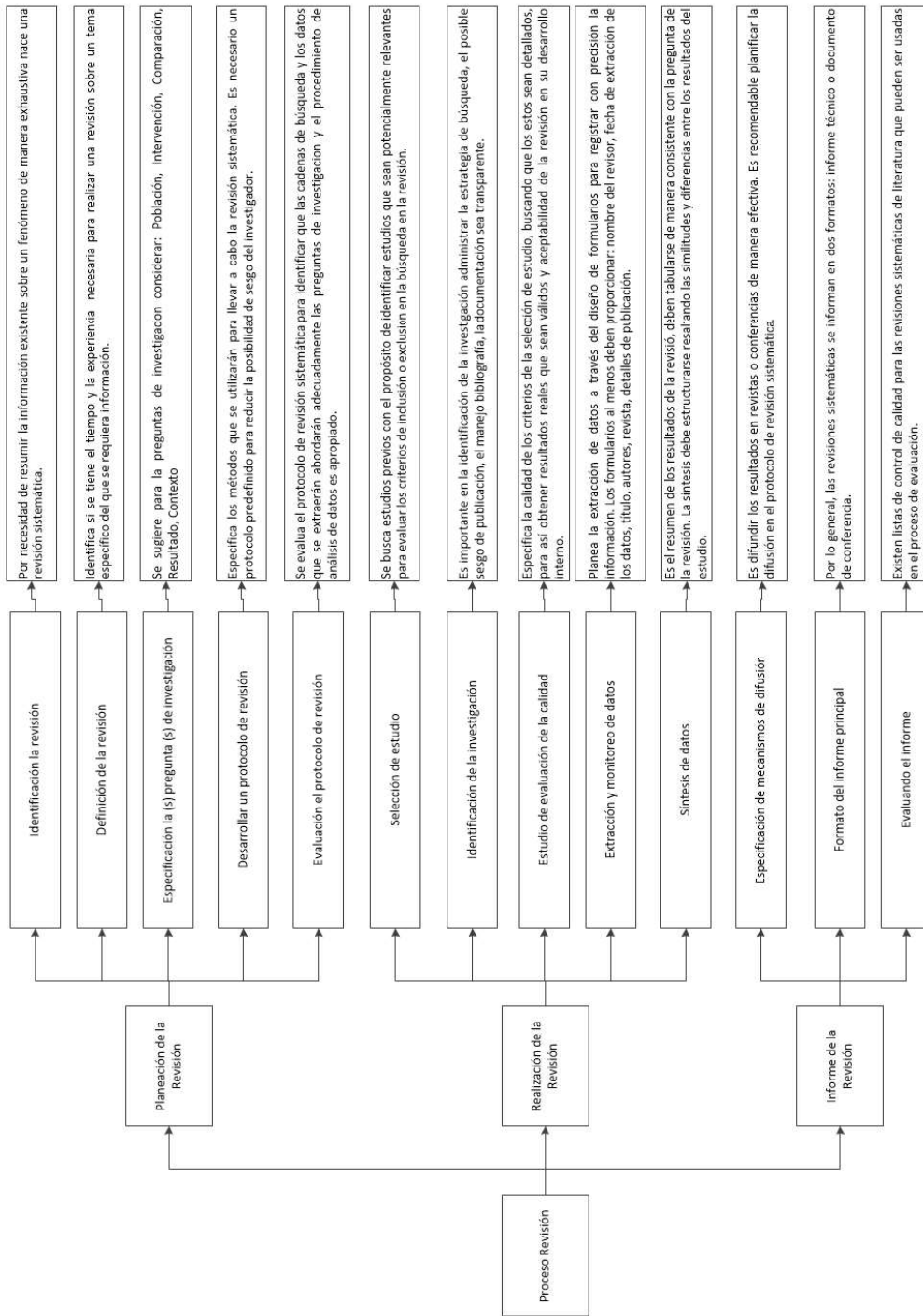


Figura 1.8: Adaptada por el autor; Fases de Guía Elseiver [72].

1.4.20 PRISMA vs Elseiver

Prisma y Elseiver comparten en muchas secciones y subsecciones características similares, sin embargo cada una se diferencia en una característica en específico que al momento de realizar una revisión sistemática le da un valor significativo, a continuación en la Tabla 1.1 se puede observar sus diferencias.

Tabla 1.1: Tabla comparativa de guía Elsevier y PRISMA usadas para Revisiones Sistemáticas.

ELSEIVER		PRISMA	
Sección	Subsección	Sección	Subsección
Título		Título	Título
Autoría			
Abstract	Contexto	Abstract	Resumen
	Objetivos	Abstract-Background	Objetivos
	Métodos	Abstract-Methods	Criterios de elegibilidad
			Fuentes de información
			Riesgo de sesgo
	Resultados	Abstract-Results	Estudios incluidos
			Síntesis de resultados
			Descripción del efecto
	Conclusiones	Abstract-Discussion	Fortalezas y limitaciones de la evidencia
			Interpretación
Otros		Financiamiento	
		Inscripción	
Antecedentes		Introducción	Razón Fundamental
			Objetivos
Preguntas de Revisión			
	Fuentes de datos y estrategia de búsqueda		Protocolo y registro
			Criterio de elegibilidad
	Fuentes de información		
	Buscar		

Continúa en la siguiente página.

Tabla 1.1: Tabla comparativa de guía Elsevier y PRISMA usadas para Revisiones Sistemáticas.

ELSEIVER		PRISMA	
Métodos de Revisión	Selección de estudios	Métodos	Selección de estudios
	Evaluación de la calidad del estudio		
	Extracción de datos		Proceso de recopilación de datos
	Síntesis de datos		Elementos de datos
			Riesgo de sesgo en estudios individuales
	Medidas de resumen		
	Síntesis de resultados		
	Riesgo de sesgo entre los estudios		
	Análisis adicionales		
Estudios incluidos y excluidos			Resultados
Resultados	Recomendaciones	Características del estudio	
	Análisis de sensibilidad	Riesgo de sesgo dentro de los estudios	
		Resultados de estudios individuales	
		Síntesis de resultados	
		Riesgo de sesgo entre los estudio	
		Análisis adicional	
Discusión	Principales hallazgos	Discusión	Resumen de evidencia
	Fortalezas y debilidades		Limitaciones
	Significado de los hallazgos		
Conclusiones	Recomendaciones	Financiamiento	Conclusiones
			Fondos
Expresiones de gratitud			
Continúa en la siguiente página.			

Tabla 1.1: Tabla comparativa de guía Elsevier y PRISMA usadas para Revisiones Sistemáticas.

ELSEIVER		PRISMA	
Conflicto de intereses			
Referencias y apéndices			

1.4.21 Las TIC aplicadas a las Necesidades Educativas Especiales

En la actualidad existe un cambio constante en los avances tecnológicos, por lo que se ha generado cambios sociales y culturales. Un mundo donde todas las herramientas a nivel tecnológico permiten a los seres humanos la comunicación. Cuando se habla de las tecnologías de la Información y Comunicación también se habla de la sociedad, ya que las mismas están desarrolladas para actividades sociales, culturales y económicas [73]. Las Tic también se han enmarcado desde el siglo XXI dentro del sistema educativo y metodologías. El conocimiento de la tecnología cuando está bien direccionado es usado para un bien comunitario [74].

También las TIC se han incorporado en las aulas de forma didáctica y pedagógica, convirtiéndose en un derecho de alumnos que se debe adquirir [75]. Se consideran a las TIC como herramientas de la educación que facilitan el aprendizaje, estilos, desarrollo de habilidades y ritmos de aprendices [76]. Las TIC se consideran para nuestras vidas importantes, y se debe a la aparición de un gran invento en 1969, Internet. El correcto funcionamiento de las TIC ofrece un beneficio a la sociedad y a inculcado a la misma a usarla, permitiendo así alcanzar mayor productividad y en particular a la educación tanto a profesores como a alumnos.

Las TIC además se han desarrollado de manera inclusiva porque tienen la capacidad de adaptarse a las necesidades o demandas de cada persona, permitiendo que no exista distinción o diferencias facilitando así su uso, sin hacer discriminación de ningún tipo de personas [77]. Por consiguiente, las TIC en la educación permiten en las aulas atender a todos

los estudiantes, independientemente de cuáles sean sus características particulares [76]. Las TIC, ya no solo abordan los problemas de déficit de alumnos con varias discapacidades, ya sean intelectuales o físicas que afectan su aprendizaje, sino además ayuda a que estas se integren socialmente, laboral y económicamente [77]. Las TIC puede ser usado para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de las personas con cualquier tipo de discapacidad [78]. A la utilización de las TIC en la satisfacción de alumnos con alguna discapacidad es impórtate considerarla desde una triple perspectiva [79]:

- Para evitar la discriminación social como un requisito.
- Como la posibilidad de nuevas estrategias y atención individualizada como recurso educativo.
- Como ayuda técnica de cada discapacidad.

La aceptación de la diversidad, ha permitido entender el compromiso entender s TIC son un elemento decisivo que permite mejorar la calidad de vida a las personas con discapacidad, además brindan la oportunidad de acceso a la educación, comunicación facilitar su integración social y laboral. Las personas con discapacidad suelen enfrentarse un gran número de dificultades y barreras en la educación sin embargo, la aceptación de la diversidad, ha comprometido a toda la sociedad a entender y tomar en cuenta los diferentes ritmos de aprendizaje de los alumnos, y así llevar a la práctica un currículo, más descentralizado, abierto y flexible y, por tanto, más adaptable, dando así la oportunidad a las TIC de favorecer el aprendizaje, permitiendo de esta manera a las TIC a satisfacer necesidades como [80]:

- Aprender por observación.
- Acceder a la información de forma multisensorial.
- Sub-vocalizar, repetir, asociar y agrupar por categorías.
- Acceder a ayudas y referencias visuales como gráficos, listas fotografías.
- Practicar diariamente con actividades educativas repetitivas y a la vez motivadoras.
- Mensajes claros, concisos y directos.

1.5 Organización del documento

El proyecto de investigación presenta una revisión sistemática de la literatura de estándares y herramientas usados para evaluar la calidad en aplicaciones educativas. A continuación, se describe de manera general las secciones del documento escrito del presente proyecto de investigación: La metodología muestra una descripción a detalle de todo lo referente al proceso de desarrollo del proyecto en cada una de sus fases. Se describirá con minuciosidad como se realizó y bajo qué criterios se realizó la búsqueda, además, como se realizó la evaluación de estándares y herramientas. Los resultados y discusión presentan los resultados de la investigación y la discusión que consiste en un análisis crítico y razonado de los resultados obtenidos respondiendo a la pregunta de investigación. Finalmente se presentarán las conclusiones y recomendaciones.

2 METODOLOGÍA

En el presente trabajo de investigación se realiza una revisión sistemática de literatura científica, siguiendo las bases establecidas de PRISMA y Elseiver. Para la selección de los artículos pertinentes, se sigue un proceso estructurado, a continuación en la Tabla 2.1 se pueden ver las fases a seguir. A continuación, se describen cada uno de las fases en detalle.

2.1 Fase 1: Formulación de la pregunta u objetivo de la revisión

Para llevar a cabo la revisión, se definen las siguientes preguntas de investigación (PI):

PI 1. ¿Qué criterios, estándares o herramientas son usados para evaluar la calidad de las aplicaciones web y móviles educativas?

PI 2. ¿Sobre los resultados obtenidos qué factores de calidad en aplicaciones web y móviles educativas se pueden encontrar?

PI 3. ¿Sobre los resultados obtenidos qué factores de calidad en aplicaciones web y móviles educativas son los más usados?

PI 1 se le considera como la cuestión fundamental de la revisión, pretendiendo así obtener una lista de estándares y herramientas para evaluar aplicaciones educativas tanto web co-

Tabla 2.1: Fases revisión sistemática

Fases Revisión Sistemática	
1	Formulación de la pregunta u objetivo de la revisión
2	Definición de las fuentes y del método de búsqueda
3	Definición y aplicación de criterios de selección de los estudios
4	Análisis crítico de los estudios
5	Extracción y síntesis de los resultados de los estudios
6	Conclusiones e inferencias

mo móviles. PI 2 busca obtener una lista de los factores obtenidos en PI 1. PI 3 tiene como finalidad encontrar los factores mas usados de la lista obtenida de PI 2.

2.2 Fase 2: Definición de las fuentes y del método de búsqueda

En esta fase se explica cómo se recogieron los datos, con el objetivo de responder a cada pregunta de investigación.

Se definieron un conjunto de palabras que forman parte de la cadena de búsqueda. Cada una de las palabras usadas se encuentran categorizadas con el alcance del proyecto de investigación en: Calidad, Estándares o Herramientas, Criterios, Web o Mobile, Software, Educación y Discapacidad. Estas palabras fueron definidas cuidadosamente con el fin de cubrir el alcance del tema de investigación con sus preguntas de investigación, además de dar soporte al proyecto EPN P11 17-12, se han seleccionado mediante el uso de siete ámbitos diferentes como punto de partida:

1. Calidad como la característica del tema de estudio.
2. Estándares y Herramientas como el tema objeto de estudio.
3. Criterios como las características individuales de estándares y herramientas.
4. Web, Mobile o Desktop como los tipos de sistema operativo.
5. Software del cual se define el tipo de aplicaciones de destino.
6. Educación como el tipo de las aplicaciones estudiadas.
7. Discapacidad como el campo específico de las aplicaciones estudiadas.

A pesar del alcance del proyecto de investigación y las palabras definidas para la cadena, se procedió a realizar una primera búsqueda, con el fin de hallar un acercamiento a los posibles artículos que se requiere. Sin embargo, antes de la revisión sistemática se realizó pruebas de la cadena de búsqueda establecida, comprobando la cadena en la Colección de Web of Science lo cual no arrojó resultados, por lo cual, la cadena de búsqueda tuvo algunas variaciones, siendo más significativa la omisión de su alcance el tópico discapacidad como se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.2: Bibliotecas Virtuales para Búsqueda de Cadena

N	Nombre	URL
1	Biblioteca digital ACM	https://dl.acm.org/
2	Web of Science	https://apps.webofknowledge.com/
3	IEEEExplore	http://ieeexplore.ieee.org/
4	Science Direct	http://www.sciencedirect.com
5	Scopus	http://www.scopus.com/
6	Springer Link	https://link.springer.com/

Las cadenas de búsqueda mantienen un estándar para cada una de las bibliotecas. Sin embargo, debido a las limitaciones presentes en las diferentes bibliotecas electrónicas en la búsqueda su estructura varia.

Con el fin de proporcionar un marco, desde el cual permita entender más objetivamente las estructuras de las cadenas de búsqueda (ECB), es importante primero definir algunos acrónimos:

- TI:** Title.

- TS:** Topic.

- TAK:** Title-Abstract-Keywords.

- FA:** Find articles with these terms.

- TASK:** Title, abstract or author-specified keywords.

- FT:** Full Text.

Para poder ejecutar la revisión sistemática, se lo realizo gracias a la red de la Universidad ya que permite acceder con mayor privilegios a las bibliotecas electrónicas, a continuación se muestra en la Tabla 2.2:

Una vez definidas las fuentes de búsqueda, a continuación, en las Tablas 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 se muestra como se realizaron las búsquedas en cada una de las bibliotecas digitales.

Tabla 2.3: Cadena de Búsqueda

Estándares y Herramientas para evaluar la calidad en aplicaciones educativas	
Alcance	Cadena de búsqueda
Calidad	quality AND
Estándares y Herramientas	standard* OR framework OR tool* OR rubric AND
Criterios	evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$ AND
Contexto Web, mobile, desktop	web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS AND
Software	app OR application AND
Educación	education OR learning

Tabla 2.4: Cadena de Búsqueda en ACM

ACM		
Estándares y Herramientas para evaluar la calidad en aplicaciones educativas		
Alcance	Cadena de búsqueda	ECB
Calidad	quality AND	TI
Estándares y Herramientas	standard* OR framework OR tool* OR rubric AND	TI
Criterios	evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$ AND	TI
Contexto Web, mobile, desktop	web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS AND	FT
Software	app OR application AND	FT
Educación	education OR learning	FT
<p>acmdlTitle: quality AND (standard* OR framework OR tool* OR rubric) AND (evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$) content.ftsec ((web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS) AND (app OR application) AND (education OR learning)) publicationYear: gte: 2000 resources.ft.resourceFormat= PDF Language: English</p>		

Tabla 2.5: Cadena de búsqueda en Web of Science

Web of Science		
Estándares y Herramientas para evaluar la calidad en aplicaciones educativas		
Alcance	Cadena de búsqueda	ECB
Calidad	quality AND	TI
Estándares y Herramientas	standard* OR framework OR tool* OR rubric AND	TI
Criterios	evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$ AND	TI
Contexto Web, mobile, desktop	web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS AND	TS
Software	app OR application AND	TS
Educación	education OR learning	TS
<p>TI=(quality AND (standard* OR framework OR tool* OR rubric) AND (evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$)) AND TS= ((web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS) AND (app OR application) AND (education OR learning)) Bases de datos= WOS, INSPEC, SCIELO Período de tiempo=2000-2019 Idioma de búsqueda=English</p>		

Tabla 2.6: Cadena de Búsqueda en IEEEExplore

IEEE		
Estándares y Herramientas para evaluar la calidad en aplicaciones educativas		
Alcance	Cadena de búsqueda	
Calidad	quality AND	
Estándares y Herramientas	standard* OR framework OR tool* OR rubric AND	
Criterios	evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$ AND	
Contexto Web, mobile, desktop	web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS AND	
Software	app OR application AND	
Educación	education OR learning	
<p>quality AND (standard* OR framework OR tool* OR rubric) AND (evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$)) AND (web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS) AND (app OR application) AND (education OR learning) Filters Applied: Conferences Journals & Magazines 2000 - 2019 Language: English</p>		

Tabla 2.7: Cadena de Búsqueda en Science Direct

SCIENCE DIRECT		
Estándares y Herramientas para evaluar la calidad en aplicaciones educativas		
Alcance	Cadena de búsqueda	ECB
Calidad	quality AND	TI
Estándares y Herramientas	standard* OR framework OR tool* OR rubric AND	TI
Criterios	evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$ AND	FA
Contexto Web, mobile, desktop	web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS AND	TASK
Software	app OR application AND	TASK
Educación	education OR learning	TASK
<p>Find Articles: evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$ Title, abstract, keywords: (web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS) AND (app OR application) AND (education OR learning) Title: quality AND standard* OR framework OR tool* OR rubric Article type: Review articles, Research articles Publication title: Procedia Computer Science, Procedia Computer Science, Computer Physics Communications, Expert Systems with Applications, Journal of Systems and Software Environmental Modelling & Software, Computers & Geosciences Year: 2000-2019 Language: English</p>		

Tabla 2.8: Cadena de Búsqueda en Scopus

SCOPUS		
Estándares y Herramientas para evaluar la calidad en aplicaciones educativas		
Alcance	Cadena de búsqueda	ECB
Calidad	quality AND	TS
Estándares y Herramientas	standard* OR framework OR tool* OR rubric AND	TS
Criterios	evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$ AND	TS
Contexto Web, mobile, desktop	web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS AND	TAK
Software	app OR application AND	TAK
Educación	education OR learning AND	TAK
<p>(TITLE (quality AND (standard* OR framework OR tool* OR rubric) AND (evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$)) AND TITLE-ABS-KEY ((web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS) AND (app OR application) AND (education OR learning))) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP")))</p>		

Tabla 2.9: Cadena de Búsqueda en Springer Link

Springer Link	
Estándares y Herramientas para evaluar la calidad en aplicaciones educativas	
Alcance	Cadena de búsqueda
Calidad	quality AND
Estándares y Herramientas	standard* OR framework OR tool* OR rubric AND
Criterios	evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$ AND
Contexto Web, mobile, desktop	web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS AND
Software	app OR application AND
Educación	education OR learning
'quality AND (standard* OR framework OR tool* OR rubric) AND (evaluat* OR assess* OR criteri* OR metric\$ OR score\$ OR scale\$) AND ((web OR mobile OR android OR ios OR windows OR Linux OR macOS) AND (app OR application) AND (education OR learning)) Discipline: Computer ScienceRemove Subdiscipline: Computer Science, Software Engineering Language: English	

2.3 Fase 3: Definición y aplicación de criterios de selección de los estudios

2.3.1 Criterios de Inclusión para la extracción de datos

Para evaluar los criterios de inclusión y exclusión de datos se obtuvo la información más relevante del artículo científico como es: el título, autor o autores, abstract y palabras clave. Cada información del artículo reclutado en el proceso de búsqueda fue evaluada con el fin de identificar si es o no admitido para su estudio. Los artículos que se ajustan a los criterios incluyen:

- El artículo se centra en estándares, herramientas, frameworks y rubricas de calidad para software.
- El artículo proporciona métricas, puntajes, criterios, escalas con las cuales se evalué la calidad de software.
- El artículo presenta evaluaciones en aplicaciones o app desarrolladas en web, móviles o de escritorio.

Tabla 2.10: Anexos resultado por bases de datos

Base Datos	Nombre del Anexo
ACM	Tabla resultado artículos ACM
Web of Science	Tabla resultado artículos Web of Science
IEEEExplore	Tabla resultado artículos IEEEExplore
Science Direct	Tabla resultado artículos Science Direct
Scopus	Tabla resultado artículos Scopus
Springer Link	Tabla resultado artículos Springer Link

- El artículo proporciona información al respecto de calidad en aplicaciones educativas de aprendizaje.
- El artículo debe ser un documento completo o corto (no un resumen).

2.3.2 Criterios de Exclusión para la extracción de datos

Se excluyeron los papeles que se ajustaban a al menos uno de los siguientes criterios:

- El artículo se encuentra en otro idioma que no sea Inglés.
- El artículo fue publicado antes de 2000.
- El artículo se centra solo en ámbitos de salud u otros diferentes a software.

2.4 Fase 4: Análisis crítico de los estudios

A partir de la búsqueda realizada en las bases de datos ACM, Web of Science, IEEEExplore, Science Direct, Scopus y Springer Link se obtuvieron un total de 1380 artículos como se muestra en la Figura 2.1. Del número de artículos seleccionados, publicados entre el 2000 y el 2019, donde se puede ver que la investigación en esta área en años previos al 2012 eran bajos y en el 2015 se ha incrementado como se muestra en la Figura 2.2. Además se puede visualizar en detalle de cada uno de los resultados obtenidos en los Anexos en la Sección I.2 como se muestra en la Tabla 2.10

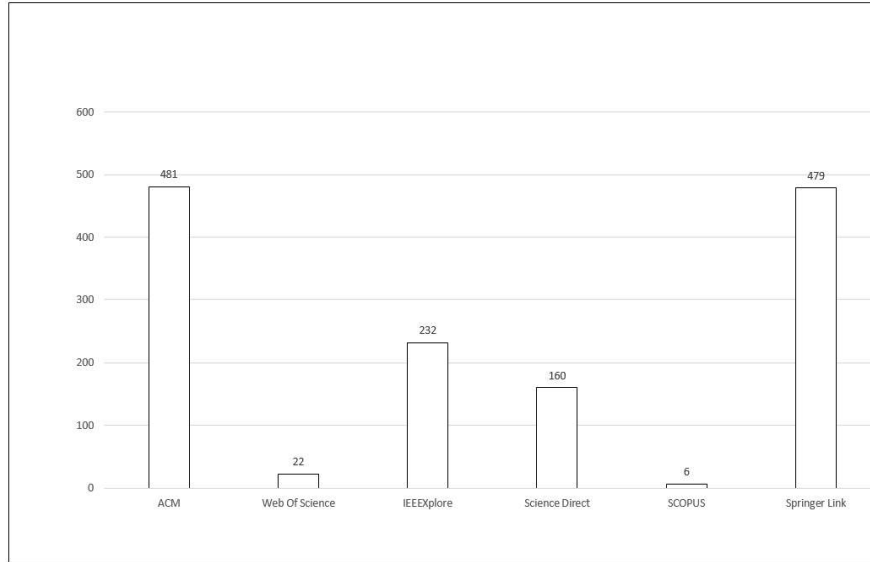


Figura 2.1: Total de artículos localizados en la búsqueda inicial, en las distintas bases de datos consultadas.

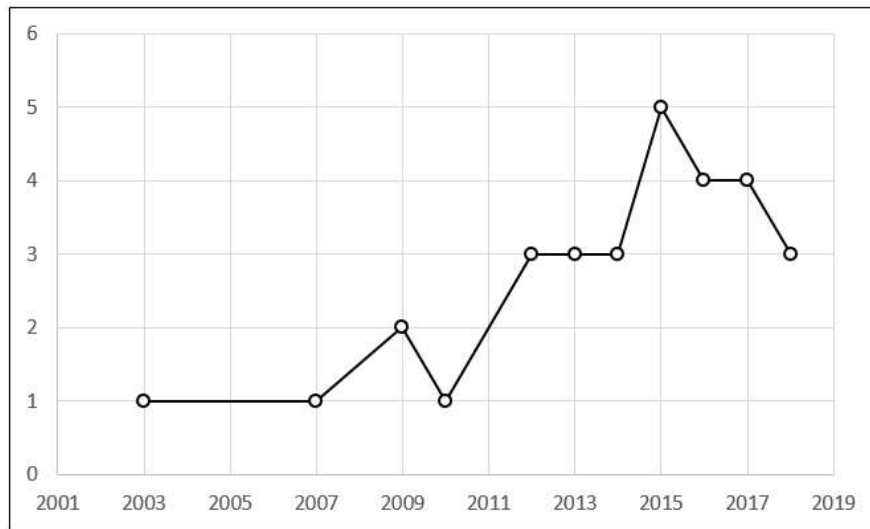


Figura 2.2: Artículos seleccionados, por año de publicación.

2.5 Fase 5: Extracción y síntesis de los resultados de los estudios

Una vez ejecutada la búsqueda en cada una de las bases, se agrupa esta información incluyendo el nombre de la base, origen del artículo, autores, título, abstract, keywords, DOI, como se muestra en la Sección 1.2 (Tabla resultado artículos Consolidado). Y una

vez obtenida toda la información de las bases, en la fase de Identificación después de eliminar 43 artículos duplicados quedaron un total de 1337 artículos para analizar. De estos en la fase de Filtrado, 1220 artículos fueron descartados después de revisar el título y 51 después de revisar el resumen, comprobando que estos no cumplían claramente con los criterios establecidos. De los 66 artículos restantes, en la fase de Idoneidad tras un análisis exhaustivo del texto completo, 36 fueron eliminados, quedando finalmente en la fase de Inclusión 30 artículos para ser evaluados individualmente en la sección 3, todo este proceso en sus diferentes fases se puede observar en la Figura 2.3.

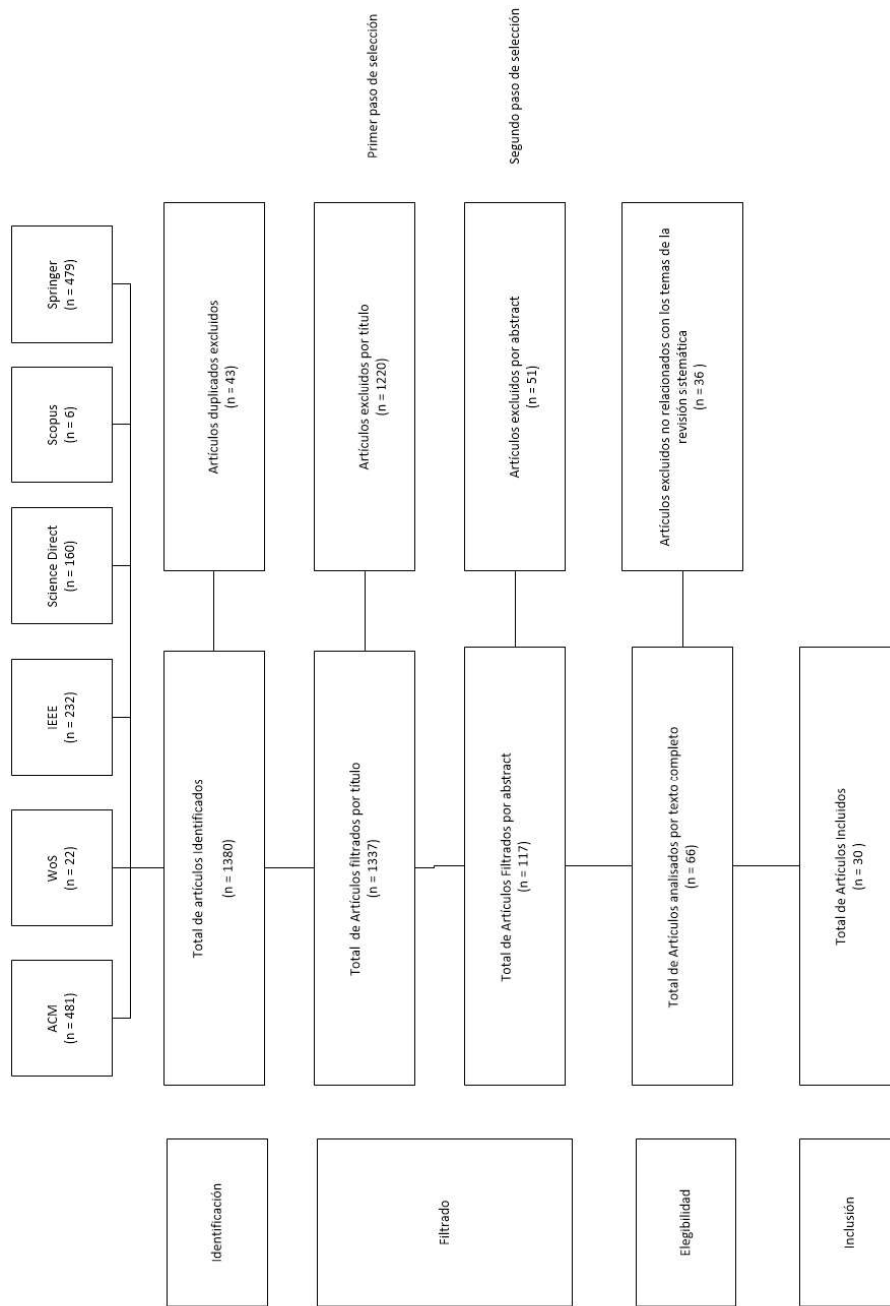


Figura 2.3: Diagrama de la Revisión Sistemática.

2.6 Fase 6: Conclusiones e inferencias

Esta fase proporciona una interpretación general de los resultados, se describirá en la sección 4.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

Una vez completadas las fases de la revisión sistemática arroja un total de 30 artículos, de los cuales la información incluyen: título, autores y año de publicación del artículo como se muestra en la Tabla 3.1.

Cada uno de los artículos seleccionados muestran diferentes enfoques, por tanto, de acuerdo a la investigación del presente trabajo, se han clasificado cada uno de estos artículos para así poder obtener una mejor interpretación. Los artículos seleccionados se listan según fueron encontrados y su clasificación se realizó en torno al Tipo de Calidad, seguido de Tipo Aplicación, a continuación Tipo de Enfoque de Calidad, y finalmente la Evaluación de los enfoques, en la Figura 3.1 se muestra dicha clasificación.

Tabla 3.1: Artículos Incluidos de la Revisión Sistemática

REF	AUTORES	ANO	TITULO
[81]	Traoré, Issa	2003	A Transition-based Strategy for Object-oriented Software Testing
[82]	Neti, Sangeeta; Muller, Hausi A.	2007	Quality Criteria and an Analysis Framework for Self-Healing Systems
[83]	Bhatti, Shahid Nazir	2009	Deducing the Complexity to Quality of a System Using UML
[84]	Ozkan, Sevgi; Koseler, Refika	2009	Multi-dimensional evaluation of E-learning systems in the higher education context: An empirical investigation of a computer literacy course
[85]	Groven, Arne-Kristian; Haaland, Kirsten; Glott, Ruediger; Tannenberg, Anna	2010	Security Measurements Within the Framework of Quality Assessment Models for Free/Libre Open Source Software
[86]	Guenaga, Mariluz; Mechaca, Iratxe; Romero, Susana; Eguíluz, Andoni	2012	A Tool to Evaluate the Level of Inclusion of Digital Learning Objects
[87]	Reis, Rosa; Escudeiro, Paula; Escudeiro, Nuno	2012	Educational Resources for Mobile Wireless Devices: A Case Study
[88]	Klement, Milan	2012	Tools for the Electronic Learning Supports'Quality Assessment
[89]	Martínez-Pérez, Borja; de la Torre-Díez, Isabel; Candelas-Plasencia, Sonia; López-Coronado, Miguel	2013	Development and evaluation of tools for measuring the quality of experience (QoE) in mHealth applications
[90]	Pande, Jeetendra; Garcia, Christopher J.; Pant, Durgesh	2013	Optimal Component Selection for Component Based Software Development Using Pliability Metric
[91]	Pandey, Adesh Kr.; Agrawal, C. P.; Sharma, Arun; Sasikala, P.	2013	Study of Empirical Approaches to Analyze the Software Metrics
[92]	Arora, Rohini; Chhabra, Indu	2014	Extracting components and factors for quality evaluation of e-learning applications
[93]	Rohini; Chhabra, Indu	2014	Quality analytics for evaluation of dynamic web based learning environment
[94]	Nandakumar, R.; Lal, A. K.; Parmar, R. M.	2014	State of the Art in Software Quality Assurance
[95]	Baloh, Matevz; Zupanc, Kaja; Košir, Domen; Bosnic, Zoran; Scepanovic, Snezana	2015	A quality evaluation framework for mobile learning applications
[96]	Suwawi, Dawam Dwi Jatmiko; Darwiyanto, Eko; Rochmani, Martiana	2015	Evaluation of academic website using ISO 9126
[97]	Martínez-Pérez, Borja; de la Torre-Díez, Isabel; López-Coronado, Miguel	2015	Experiences and Results of Applying Tools for Assessing the Quality of a mHealth App Named Heartkeeper
[98]	X. Navarro, Christian; I. Molina, Ana; A. Redondo, Miguel	2015	Towards a Model for Evaluating the Usability of M-learning Systems: from a Mapping Study to an Approach
[99]	Ibrahim, Norshahila; Fatimah, Wan; Ahmad, Wan; Shafie, A'fza	2015	User Experience Study on Folktales Mobile Application for Children's Education
[100]	Sloan Chener, Todd; Lee, Cheng -Yuan; Fegely, Alex; A Santaniello, Lauren	2016	A Detailed Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps

Continua en la siguiente página.

REF	AUTORES	ANO	TITULO
[101]	Huang, C.; Chang, Y.; Lu, H.; Wu, M.	2016	Evaluating the electronic service quality of group buying websites by using the DEMATEL based network process
[102]	Navarro, Christian X.; Molina, Ana I.; Redondo, Miguel A.; Juarez-Ramirez, Reyes	2016	Framework to Evaluate M-Learning Systems: A Technological and Pedagogical Approach
[103]	Soad, Gustavo Willians; Filho, Nemesio F. Duarte; Barbosa, Ellen Francine	2016	Quality evaluation of mobile learning applications
[104]	Zbick, Janosch	2017	A Web-Based Reference Architecture for Mobile Learning: Its Quality Aspects and Evaluation
[105]	Börstler, Jürgen; MacKellar, Bonnie; Störrle, Harald; Toll, Daniel; van Assema, Jelle; Duran, Rodrigo; Hooshangi, Sara; Jeuring, Johan; Keuning, Hieke; Kleiner, Carsten	2017	I Know It when I See It: Perceptions of Code Quality
[106]	Gomez-Roman, Krissia; Navas, Ederick	2017	Implementation of software quality control in e-learning development projects: TEC digital
[107]	Soad, Gustavo Willians; Fioravanti, Maria Lydia; Falvo, Venilton; Marcolino, Anderson; Filho, Nemesio Freitas Duarte; Barbosa, Ellen Francine	2017	ReqML-catalog: The road to a requirements catalog for mobile learning applications
[108]	Jitjumlong, Thanabut; Chinbenchapol, Peerachaya; Makasorn, Panya; Fuknuan, Worawut; Sangsomporn, Kulmanachaya; Yingthawornsuk, Thaweesak	2018	Development of Game Application for Enhancement of Childrens Cognitive Skills
[109]	Larco, Andres; Enriquez, Freddy; Lujan-Mora, Sergio	2018	Review and Evaluation of Special Education iOS Apps Using MARS
[110]	Larco, Andres; Yanez, Cesar; Almendariz, Vanessa; Lujan-Mora, Sergio	2018	Thinking about inclusion: Assessment of multiplatform apps for people with disability

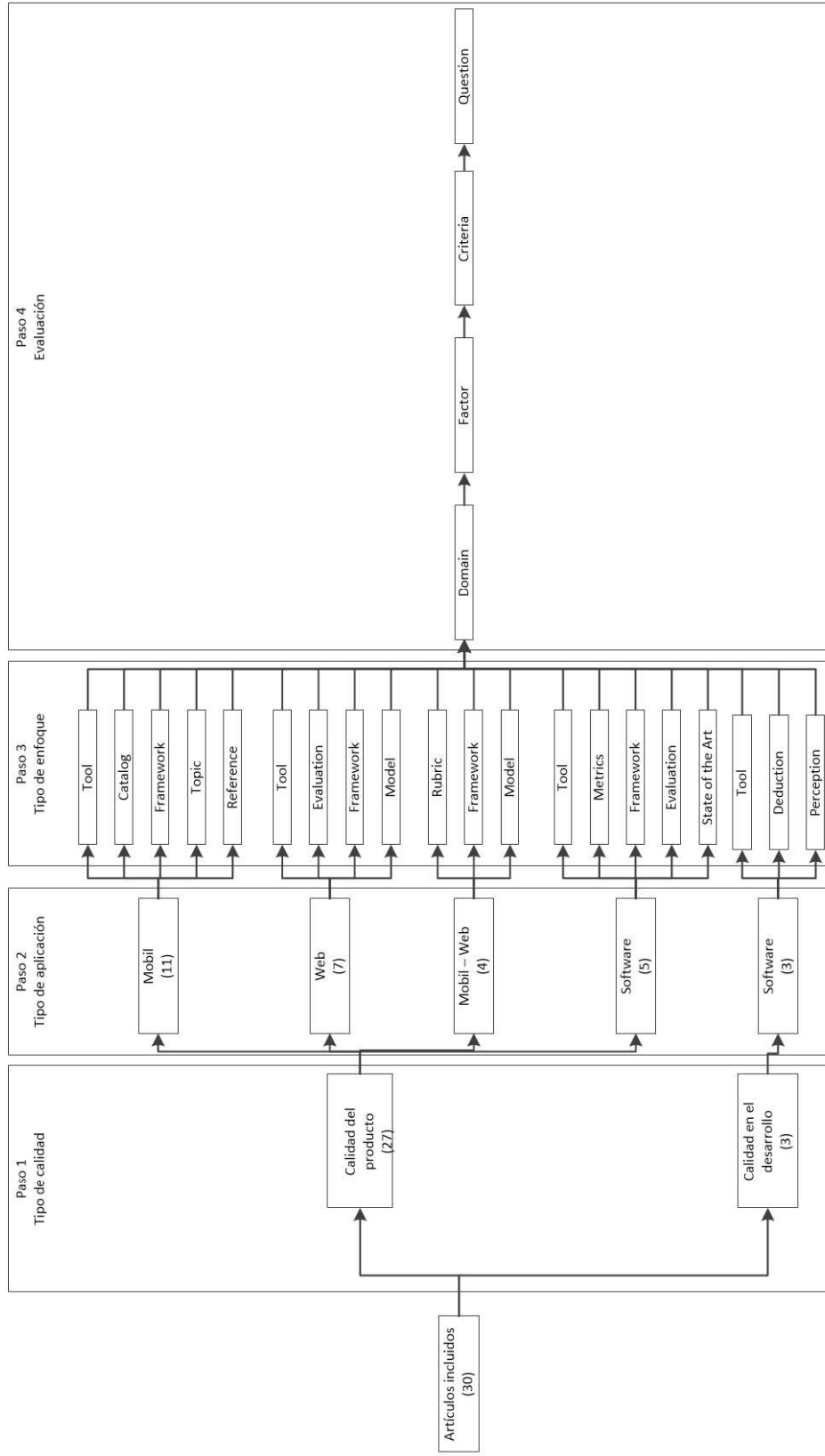


Figura 3.1: Secuencia de clasificación de los artículos considerados en el estudio realizado.

Dado los intereses de la investigación con la información extraída de cada uno de los artículos incluidos en las Tablas 3.2, 3.3 se puede identificar las herramientas y modelos encontrados en la revisión.

Tabla 3.2: Lista de Modelos encontrados en la revisión sistemática.

Modelos	Descripción
Model for Evaluating the Usability of M learnig system	Presenta el análisis de investigaciones recientes sobre áreas de aprendizaje móvil y usabilidad, aplicando un estudio de mapeo sistemático.
Kano Model	Es un modelo desarrollado para investigar la satisfacción del usuario en un producto. Este modelo se desarrolla basándose en las relaciones entre la satisfacción del usuario y el nivel de servicio o la función disponible basada en una encuesta.
Quality analytics for evaluation of dynamic web based learning environment	Propone un método basado en análisis para generar y monitorear valores de algunos factores críticos de calidad. La evaluación efectiva de estos factores es útil para ajustar el rendimiento general del entorno de aprendizaje dinámico basado en la web.
Hexagonal E-Learning Assessment Model (HELAM)	Sugiere un enfoque multidimensional para la evaluación de LMS(learning management systems) a través de seis dimensiones: (1) la calidad del sistema, (2) la calidad del servicio, (3) la calidad del contenido, (4) la perspectiva alumno , (5) las actitudes instructor, y (6) las cuestiones de apoyo.
TEC Digital - Control de Calidad del Software (TD-CCS)	Modelo que establece una serie de acciones en procura de la calidad del software desarrollado, para evitar que los errores lleguen al usuario final en un ámbito E-learning.
Quality evaluation of mobile-learning applications	Se propone un modelo con características de calidad de las aplicaciones de aprendizaje móvil.
X-Tec model and QEF model	Modelo de análisis estructurado y diseño orientados a objetos para aprendizaje basado en computadora.

Tabla 3.3: Lista de Herramientas encontrados en la revisión sistemática.

Tipo	Uso	Herramienta	Descripción	REF	AÑO
Cuestionario	Móvil	Questionnaire for measuring the compliance with recommendations by Google	Son recomendaciones establecidas por Google para Android, basado en las capas de estilo de diseño web, comportamiento y estructura.	[89]	2013
Cuestionario	Móvil	Survey for measuring the QoE	Esta herramienta es una encuesta que utiliza la escala Likert (1 a 5) en una serie de preguntas que involucran diferentes aspectos, como la calidad del contenido, la seguridad, la facilidad de uso, la disponibilidad, el rendimiento, la apariencia, el aprendizaje y la precisión de la aplicación móvil.	[89]	2013
Framework	Móvil	Quality evaluation framework for Mobile Learning Applications	Evalúa el aprendizaje para ambientes M-learning.	[95]	2015
Cuestionario	Móvil	QoE tools	Evalúa la calidad de la experiencia (QoE) de aplicaciones móviles mHealth para mejorar la calidad de las aplicaciones, a través de una encuesta con 21 preguntas con la escala de Likert y destinada a usuarios.	[97]	2015
Software	Móvil	Easily Create Mobile Apps mLearn4web	Un marco basado en la web para diseñar e implementar aplicaciones móviles multiplataforma.	[104]	2017
Cuestionario	Móvil	Quality criteria for m-learning applications	Son características de calidad de las aplicaciones de aprendizaje móvil a partir de una revisión sistemática.	[107]	2017
Catalogo	Móvil	Requirements Mobile Learning Catalog (ReqML-catalog)	ReqML-Catalog ayuda en el diseño y evaluación de aplicaciones de aprendizaje móvil.	[107]	2017

Continúa en la siguiente página.

Tipo	Uso	Herramienta	Descripción	REF	AÑO
Cuestionario	Web	A tool to evaluate the level of inclusion of digital learning objects	Desarrolla un cuestionario que recopila información sobre los aspectos pedagógicos y tecnológicos que promueven la inclusión.	[86]	2012
Software	Móvil - Web	Precise UML Development Environment (prUDE)	PrUDE es una herramienta se enfoca en tres diagramas of namely sequence, class, and statechart diagrams. Cada uno de estos diagramas se puede utilizar para realizar pruebas en un grado variable y para diferentes tipos de pruebas.	[81]	2003
Deducción	Móvil - Web	Quality with UML (QWUML)	Analiza el modelado del diseño de sistemas en asociación con la calidad, la complejidad y los aspectos de diseño mediante el uso de heurísticas UML.	[83]	2009
Software	Móvil - Web	Open Business Readiness Rating (OpenBRR)	Evalúa software de forma gratuita ofreciendo un proceso de evaluación abierto y estandarizado.	[85]	2010
Software	Móvil - Web	Quality of open source software (Quality of OSS)	Evalúa la calidad con una metodología del software de código abierto.	[85]	2010
Cuestionario	Móvil - Web	The system of evaluation of electronic learning supports	Evalúa sistemas electrónicos usados para el aprendizaje.	[88]	2012
Framework	Móvil - Web	Evaluation for m-learning systems	Propone un marco de evaluación para M-learning.	[98]	2015
Rubrica	Móvil - Web	A Detailed Rubric for Assessing Apps	Evalúa 3 grupos grandes Eficiencia, Funcionalidad y Diseño.	[100]	2016
Cuestionario	Móvil - Web	Mobile App Rating Scale (MARS)	Evalúa a partir de un cuestionario aspectos como atractivo, funcionalidad, estética, información y calidad subjetiva. Las preguntas de MARS utilizan una escala Likert.	[111]	2018

En base a un análisis más detallado que comprende un esquema completo sobre la clasificación de cada uno de los artículos, en la Sección I.2(Tabla resultado análisis de artículos) se presenta una tabla con el resultado de este análisis mostrando cada uno de los dominios, estándares o ISO, factores y criterios para aplicaciones móviles o web.

Una vez realizada la clasificación de los artículos relevantes encontrados, se puede observar en la Figura 3.2, que el 37 % evalúa la calidad sobre aplicaciones móviles, el 23 % sobre aplicaciones basadas en la web, 13% sobre aplicaciones móviles o web a la vez y 27 % sobre software en general. Además que la calidad de software sobre su desarrollo, es considerada en un 10 % mientras, que el 90 % fue evaluado sobre la calidad de producto, como se muestra en la Figura 3.3.

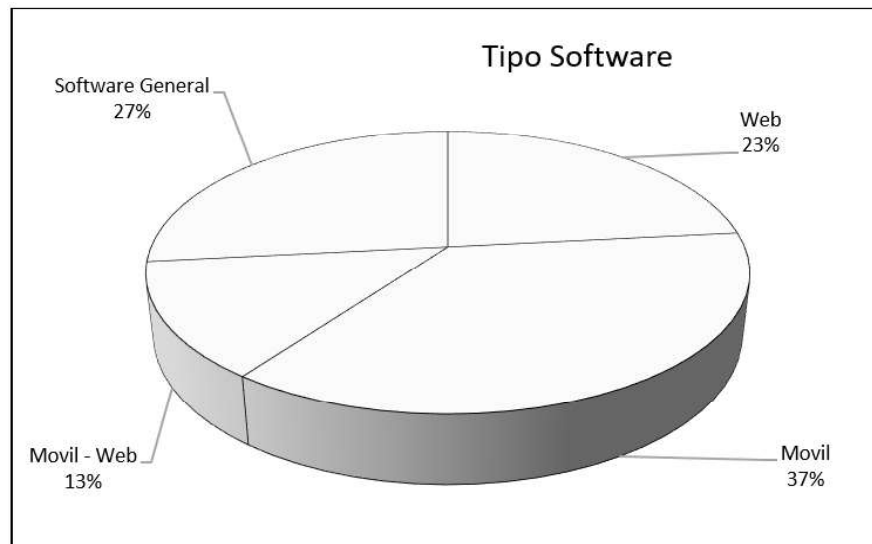


Figura 3.2: Calidad de Software sobre: Calidad en su desarrollo y Calidad de Producto.

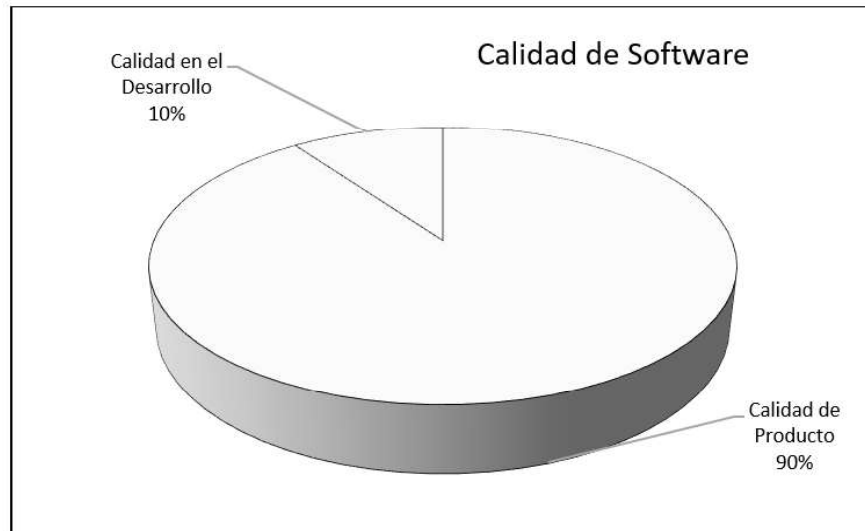


Figura 3.3: Calidad de software sobre aplicaciones: móviles, web, móviles o web y software en general.

De acuerdo a la información mostrada en la Figura 3.3, la calidad de software en la revisión sistemática de los artículos incluidos se enfoca más en la calidad de producto, por tanto, considerando la clasificación realizada anteriormente como muestra la Figura 3.1, es importante realizar un análisis sobre los dominios, factores y criterios para evaluar la calidad de software en la calidad de producto. En la Tabla 3.4 se muestra la lista de dominios y en la Tabla 3.5 se muestran los factores con sus criterios, que se hallaron en el análisis detallado.

Tabla 3.4: Lista de Dominios hallados en el análisis detallado los artículos incluidos.

TIPO DOMINIO	DOMINIOS
Sistema	Calidad del sistema
	Código
	Contenido
	Producto de software
	Diseño
	Interfaz de usuario
	Técnico
	Tecnológico
	Seguridad
	Administración
Continua en la siguiente página.	

TIPO DOMINIO	DOMINIOS
Social	Apoyo
	Creatividad
	Institucional
	Temas sociales
	Económico
	Ético
	Miembros de la comunidad
	Social - Cultural
Educativo	Pedagógico
	Educativo

Tabla 3.5: Lista de Factores con Criterios hallados en el análisis detallado los artículos incluidos.

FACTORES	CRITERIOS
Eficiencia	Productividad
	Frecuencia
	Dirección
	Relevancia
	Credibilidad
	Diferenciación
	Navegación
	Comportamiento del tiempo
	Fácil aprender
Funcionalidad	Accesible
	Exactitud
	Apropiado
	Navegación
	Colaboración
	Comunicación
	Calidad del contenido
	Facilidad de uso
	Diseño gestual
Continua en la siguiente página.	

FACTORES	CRITERIOS
	Interoperabilidad
	Modificable
	Recursos multimedia
	Multipropósito
	Navegación
	Integración de plataforma
	Precisión
	Reusable
	Idoneidad
Mantenibilidad	Mantenibilidad
	Adaptable
	Reutilizable
	Utilizado por otros
	Interoperable
	Portable
	Estabilidad
	Analizabilidad
	Posibilidad de cambiar
	Testeable
Rendimiento	Expansibilidad
	Capacidad de respuesta
	Almacenamiento de memoria
	Consumo de energía
	Condiciones físicas
	Tiempo de carga
	Energía
	Transferencia de datos
	Comportamiento en relación al tiempo.
	Tamaño de la aplicación
	Uso de memoria
	Eficiencia de consumo de energía
	Limpieza de memoria
	Escalabilidad
	Estabilidad
Continua en la siguiente página.	

FACTORES	CRITERIOS
	Requerimientos mínimos
Portabilidad	Coexistencia
	Adaptación del dispositivo
	Éxito de instalación
	Adaptabilidad
	Instalabilidad
	Reemplazable
Confiabilidad	Disponibilidad
	Estabilidad
	Tiempo de recuperación después de la desconexión
	Garantía de transferencia de datos
	Exactitud
	Recuperabilidad
	Madurez
	Tolerancia a fallos
	Recuperación
Seguridad	Trazabilidad
	Tiempo de recuperación después de la desconexión
	Autenticidad
	Confidencialidad
	Cifrado
	Integridad
	Revisión de cuentas
	Inteligibilidad
	Atracción
	Operabilidad
	Aprendizaje
	Fácil de aprender
	Condiciones
	Organización de la información
	Tiempo de aprender
	Presentación de la información
	Dispositivos de diversidad
	Inteligibilidad
Continúa en la siguiente página.	

FACTORES	CRITERIOS
Usabilidad	Carga de pantalla
	Fácil llenado de formularios
	Navegabilidad
	Continuidad
	Diversidad de dispositivos
	Pantallas por tarea
	Atractivo
	Protección contra error del usuario.
	Calidad audiovisual
	Accesibilidad
	Comprensibilidad
Diseño	Disponibilidad
	Presentación
	Consistencia
	La comprensión
	Diálogo
Compromiso	Comprensibilidad
	Interesar
	Personalización
	Interactividad
	Grupo objetivo
Retroalimentación	Flexibilidad
	Fomentación
	Apoyo
	Preciso
	Estado del sistema
	Alertas
	Prevención de errores
Información	Adaptabilidad
	Metas
	Calidad de la información
	Información visual
	Credibilidad
	Evidencia base
Continua en la siguiente página.	

FACTORES	CRITERIOS
Motivación	Progreso
	La comptividad
	Conveniencia
	Insignias
Personalización	Alineando con los objetivos.
	Individualización
Interacción social	Alineando con los objetivos.
	Colaboración
	Discusión
	Compartir

Del análisis detallado de los artículos incluidos, se pudieron identificar normas ISO nombradas, y otras con las cuales se fundamentó o fue la línea base de los artículos analizados, a continuación, en la Tabla 3.6 se puede identificar las normas ISO encontradas.

Tabla 3.6: Lista normas ISO encontradas en la revisión en el análisis detallado de artículos incluidos.

ISO
ISO 9126
ISO 25010
ISO 25000
ISO 14598
ISO 9000
ISO 24751
ISO 19796-1

Con el fin de obtener más información relevante a partir de resultados obtenidos en la Tabla 3.5, es importante en la clasificación de los artículos en su análisis detallado, identificar los dominios, factores y criterios que tienen mayor relevancia o se les considera con mayor frecuencia en su contenido. Los dominios, factores y factores con criterios más destacables

presentados en la revisión se muestran en las Tablas 3.7,3.8,3.9 correspondientemente, además del número de veces respectivo con el que se repiten en el análisis detallado.

Tabla 3.7: Lista de Dominios relevantes encontrados en la revisión en el análisis detallado de artículos incluidos.

DOMINIOS RELEVANTES	
DOMINIOS	REPETICIONES
Pedagógico	3
Tecnológico	5
Interfaz de Usuario	2

Tabla 3.8: Lista de Factores relevantes encontrados en la revisión en el análisis detallado de artículos incluidos.

FACTORES RELEVANTES	
FACTORES	REPETICIONES
Confiabilidad	13
Seguridad	12
Funcionalidad	11
Rendimiento	8
Mantenibilidad	7
Usabilidad	7
Eficiencia	6
Portabilidad	6
Información	4
Retroalimentación	3
Diseño	2
Compromiso	2
Personalización	2
Interacción social	2
Calidad subjetiva	2

Tabla 3.9: Lista de Criterios por Factor relevantes encontrados en la revisión en el análisis detallado de artículos incluidos.

FACTORES CON CRITERIOS RELEVANTES		
FACTORES	CRITERIOS	REPETICIONES
Eficiencia	Navegación	6
	Relevancia	3
	Credibilidad	3
	Fácil aprender	3
Funcionalidad	Facilidad de uso	10
	Rendimiento	8
	Navegación	6
	Adecuación	5
	Exactitud	4
	Colaboración	4
	Interoperabilidad	3
	Recursos multimedia	3
	Acceso	2
	Comunicación	2
	Diseño gestual	2
	Precisión	2
Mantenibilidad	Mantenibilidad	7
	Probabilidad	4
Rendimiento	Escalabilidad	4
	Estabilidad	3
Portabilidad	Adaptabilidad	7
	Coexistencia	2
	Instalabilidad	2
	Reemplazo	2
Confiabilidad	Disponibilidad	8
	Exactitud	4
	Tolerancia a fallos	4
	Estabilidad	3
	Tiempo de recuperación después de la desconexión	2
Seguridad	Autenticidad	4

Continúa en la siguiente página.

FACTORES	CRITERIOS	REPETICIONES
	Trazabilidad	2
Usabilidad	Atractivo	5
	Operabilidad	2
	Aprendizaje	2
	Accesibilidad	2
	Comprensibilidad	2
	Inteligibilidad	2
	Fácil de aprender	2
Diseño	Presentación	2
	Entendible	2
Compromiso	Personalización	2
Realimentación	Apoyo	3
	Alertas	2
Información	Calidad de la información	4
	Información visual	2
	Evidencia base	2
Motivación	Competitividad	2
	Conveniencia	2
	Insignias	2
Personalización	Individualización	2
Interacción social	Colaboración	3
	Discusión	2
	Compartir	2

El propósito de buscar la relevancia de dominios, factores y criterios permite identificar de mejor manera los enfoques de calidad que predominan en la actualidad y así fijar las características mínimas para considerar que un aplicativo educativo sea de calidad, sin embargo, es importante identificar particularmente qué factores de calidad predominan en aplicaciones educativas móviles y aplicaciones educativas web, para lo cual se puede identificar en las Tablas 3.10, 3.11 las características correspondientemente.

Tabla 3.10: Lista de Factores de calidad predominantes para aplicaciones móviles encontrados en la revisión en el análisis detallado de artículos incluidos.

FACTORES RELEVANTES EN APLICACIONES MÓVILES	
FACTORES	REPETICIONES
Funcionalidad	4
Fiabilidad	3
Eficiencia	3
Seguridad	2
Usabilidad	2

Tabla 3.11: Lista de Factores de calidad predominantes para aplicaciones web encontrados en la revisión en el análisis detallado de artículos incluidos.

FACTORES RELEVANTES EN APLICACIONES WEB	
FACTORES	REPETICIONES
Funcionalidad	7
Fiabilidad	5
Portabilidad	4
Usabilidad	4
Eficiencia	3
Seguridad	3
Mantenimiento	3
Rendimiento	3

La revisión sistemática, con sus resultados obtiene una lista de herramientas para evaluar la calidad en aplicaciones, donde a partir de los dominios, factores y criterios encontrados con mayor relevancia vistos en las Tablas 3.7, 3.8, 3.9, se escogieron 3 de ellas: Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps [89], Tool for Measuring the Quality of Experience (QoE) [100], Mobile App Rating Scale (MARS) [111], que cumplen con la mayoría de estas características relevantes para evaluar la calidad. Las aplicaciones a evaluar fueron escogidas a partir de los resultados de la Evaluación de aplicaciones multiplataforma

Tabla 3.12: Aplicaciones a ser evaluadas.

Tipo	Aplicación	Descripción
Web	Doctor TEA	Consiste en una pagina web, que pretende ayudar a las personas con autismo, se familiariza a través de procedimientos médicos con videos, viñetas y animaciones.
Web	Pictosonidos	A través de pictogramas ayuda a las personas a situarse en el espacio y tiempo, permitiendo anticiparse a acontecimientos, a expresar sus inquietudes y sentimientos, por tanto a comunicarse de una manera alternativa.
Web	Las Aventuras de Spoti	Es un juego interactivo para niños con síndrome de Down, su propósito en general es fomentar hábitos de vida saludable. Consiste en que los niños adquieran estos hábitos a partir de 12 casillas con juegos y pruebas variadas sobre alimentación y actividad física.
Móvil	Puzzingo	Consiste en un rompecabezas interactivo e ilustrado y con narrativa.
Móvil	Learny PCI	Es un juego que brinda dinámicas de aprendizaje, de manera que sea más fácil para los infantes con parálisis de entre 10 y 11 años de edad a adquirir conocimientos.
Móvil	SuperApp	Es una aplicación pensada y diseñada para que los niños con síndrome de Down que capta su atención, permitiendo desplegar todo su potencial además, desarrollar habilidades cognitivas, mediante un método sencillo, donde prevalece el pensamiento concreto.

para personas con discapacidad [110], donde se analizaron 60 aplicaciones (aplicaciones de escritorio, web y móviles) para personas con autismo, síndrome de Down y parálisis cerebral. Se escogieron 3 aplicaciones web y 3 aplicaciones móviles, que obtuvieron mayor puntuación, para ser evaluadas con las herramientas escogidas de la revisión sistemática. En la Tabla 3.12 se muestra las aplicaciones escogidas.

3.2 Discusión

3.2.1 Revisión Sistemática

En la mayoría de los artículos Tabla 3.1, que se consideraron para la revisión sistemática, que cumplieron con los parámetros de inclusión, se resalta en su contenido la existencia de estándares o ISO en los cuales se basaron los autores, para poder proponer los diferentes modelos, métricas y criterios expuestos en la Tabla 3.5.

La Tabla 3.5, resultado del análisis detallado de artículos incluidos muestra una visión general de los dominios, factores y criterios útiles para evaluar la calidad usados en los últimos años, sin embargo en las Tablas 3.7, 3.8, 3.9, se enfocan en proporcionar más especifi-

camente los dominios, factores y criterios para que un aplicativo sea de calidad, ya que resultan ser relevantes de la revisión sistemática, por ser los más considerados por los autores de los artículos. Adicional con el fin de mejorar la apreciación de los factores de calidad en las Tablas 3.10, 3.11 se muestra un enfoque específico para aplicaciones móviles o web para así mejorar el proceso de evaluación de calidad en aplicaciones móviles o web correspondientemente.

La mayoría de los factores con sus criterios de calidad evaluados, están enfocadas en la calidad de producto (90%), en cambio, un (10%) de los factores están enfocados en la calidad del desarrollo. Expertos en calidad señalan que la percepción del usuario final o consumidor, constata la calidad de una aplicación, donde efectivamente es la calidad del producto. Para lo cual los criterios expuestos en las Tablas 3.10 y 3.11 deben ser considerados en primera instancia para evaluar la calidad en aplicaciones.

En factores de calidad de la investigación en las tablas 3.10 y 3.11, muestran claramente que dependerá del tipo de aplicación para determinar los factores relevantes en cada tipo de aplicación. Se puede ver las características compartidas como: la Funcionalidad, Fiabilidad, Eficiencia, Seguridad, Usabilidad; así como las no consideradas en cada caso como: Portabilidad, Facilidad de Mantenimiento y rendimiento.

Además, en la Tabla 3.6 se puede ver las normas ISO, que fueron identificadas en los artículos incluidos, donde en 7 artículos [82], [83], [91], [96], [98], [103], [106] se basaron en toda o parte de una o varias normas ISO, mientras que en 6 artículos [85], [86], [93], [95], [105], [109] las normas ISO fueron referenciadas y en 17 artículos [81], [84], [87], [88], [89], [90], [92], [94], [97], [99], [100], [101], [102], [104], [107], [108], [110] no se nombró a ninguna de estas normas ISO. Sin embargo, se pudo observar que que la norma ISO 9126 es usada con mayor frecuencia considerando que, le sigue en uso la ISO 25010 que es la evolución de la ISO 9126 e ISO 14598.

3.2.2 Herramientas para Evaluación de Calidad en Aplicaciones

Se consideraron 3 herramientas: Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps [89], Tool for Measuring the Quality of Experience (QoE) [100], Mobile App Rating Scale (MARS) [111], mismas que comparten características y discrepan en otras, para po-

der identificar mejor estas características se puede observar en Las tablas 3.13, 3.14 y 3.15 cada una de las características que componen cada herramienta correspondientemente. Es importante identificar los factores y criterios usados en estas herramientas, sin embargo, en las diferencias de estas aplicaciones acorde su diseño, un factor puede ser criterio, o a la inversa, por tanto, se los ha denominado como categoría y subcategoría a estos. Las herramientas escogidas para la evaluación de calidad usan un cuestionario, mismo que se lo encontrara en la Sección Sección I.3.

Tabla 3.13: Características de Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps.

Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps	
Categoría	Subcategoría
Eficiencia	Productividad
	Frecuencia
	Guía
	Relevancia
	Credibilidad
	Diferenciación
Funcionalidad	Multiproposito
	Colaboración y Comunicación
	Habilidad para Guardar el progreso
	Modificación
	Integración de Plataforma
	Seguridad
Diseño	Navegación
	Facilidad de Uso
	Personalización
	Estética
	Diseño de la Pantalla
	Presentación de la Información
	Integración de Medios
	Diseño de la Pantalla

Tabla 3.14: Características de Tool for Measuring the Quality of Experience(QoE).

Tool for Measuring the Quality of Experience(QoE)
Categoría
Calidad de Contenido
Seguridad
Facilidad de uso
Disponibilidad
Desempeño
Apariencia
Aprendizaje
Precisión

Tabla 3.15: Características Mobile App Rating Scale(MARS).

Mobile App Rating Scale(MARS)	
Categoría	Subcategoría
Atractivo	Entretenimiento
	Interés
	Personalización
	Interactividad
	Grupo objetivo
Funcionalidad	Rendimiento
	Facilidad de uso
	Navegación
	Diseño gestual
Estética	Diseño
	Gráficos
	Atractivo visual
Información	Objetivos
	Calidad de la información
	Cantidad de información
	Información visual
	Credibilidad
	Evidencias del uso

3.2.3 Resultados de Evaluaciones con Herramientas

La Tabla 3.16 muestra los resultados de las evaluaciones realizadas a las aplicaciones por herramienta. A continuación de las calificaciones obtenidas por las aplicaciones, se detallan las características encontradas respecto a las categorías evaluadas considerando las categorías en base a Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps [89]:

- ❑ Diseño, Apariencia o Estética en base a las herramientas, se pudo observar de las aplicaciones evaluadas que el diseño de las gráficas, botones, iconos contaban una buena resolución, además que no sufrían una distorsión, al realizar un acercamiento de pantalla. Además, se pudo visualizar que el contenido era el propicio.
- ❑ Funcionalidad, en torno principalmente a la navegación, rendimiento y facilidad de uso de las aplicaciones, se apreció que fueron diseñados, para que el usuario lo pueda usar con facilidad y usando la intuición. Sin mayor problema la navegación de pantallas fue la adecuada.
- ❑ Eficiencia o Desempeño, en general en las aplicaciones se permitía una baja capacidad de personalización, mientras que en lo que respecta retroalimentación se si presentaron un buen desempeño. También se puede observar en las aplicaciones que presentaban una sección de información amplia, con los objetivos base de la aplicación y su funcionamiento con tutoriales cortos. Además, la precisión y la rapidez de las funciones, así como de botones o menús eran las adecuadas.

Se evaluaron 6 aplicaciones con cada una de las herramientas, todas en su evaluación con un puntaje igual o superior a 3 sobre 5, por tanto, se puede identificar que estas aplicaciones cuentan con calidad. En la Sección Sección 1.4 se puede observar las aplicaciones con su respectiva evaluación.

3.2.4 ISO 25010 Evaluación de Calidad en Aplicaciones

En las Tablas 3.17, 3.18 se muestran los factores, criterios y métricas de la ISO 2510, las mismas que permiten la evaluación de aplicaciones, en base a la calidad del producto y la calidad en uso.

Tabla 3.16: Resultados de Evaluaciones de Aplicaciones

Aplicaciones	RUBRIC	QoE	MARS	PROMEDIO
Doctor TEA	4,2	4,2	4,2	4,2
Pictosonidos	3,5	4,1	3	3,5
Las Aventuras de Spoti	3,2	4,3	4,2	3,9
Puzzingo	3,5	4,1	4,6	4,1
Learny PCI	3,3	3,7	3,5	3,5
SuperApp	4	4,3	4,5	4,3

Para la evaluación de las aplicaciones de la Tabla 3.12, se consideraron la Usabilidad para calidad de producto y la Satisfacción para calidad de uso, según el tipo de aplicación. Estas características de la ISO fueron tomadas debido a que son medibles de acuerdo a las métricas cuantitativas que contiene esta. No se pudo evaluar todos los factores de calidad de la ISO debido a, que no contamos con toda la información necesaria para evaluar la aplicación como: el código, características del servidor donde se encuentra la aplicación, información del desarrollador, arquitectura de la aplicación, el diseño. Los resultados de las evaluaciones de las aplicaciones móviles y web se muestran en las Tablas 3.19, 3.20 correspondientemente.

En la Tabla 3.19 se puede ver que las aplicaciones móviles obtuvieron una calificación alta de más de 9 sobre 10 en la calidad e uso en el factor de satisfacción. La puntuación se debe a que los cálculos fueron realizados en base a la calificación que muestran estas aplicaciones en la tienda de PlayStore. Sin embargo, en la Facilidad de Uso las aplicaciones bajaron su puntuación en lo que respecta al criterio de control de Protección contra errores del usuario y Personalización de la apariencia de la interfaz del usuario.

En las evaluaciones de las aplicaciones web como se muestran sus resultados en la Tabla 3.20, se detectó que la puntuación ve afectada debido a los criterio de control de Protección contra errores del usuario, ya que los campos no validaban correctamente o permitía campos vacíos. Otro criterio que afecta significativamente la puntuación es la Capacidad de ser entendido ya que las funciones descritas en la aplicación eran ineficientes o carecían de ellas.

Se evaluaron 6 aplicaciones escogidas acorde las categorías especificadas, sin embargo, no se puede identificar que estas aplicaciones cuentan con calidad, ya que deberán ser evaluadas en todos los factores y criterios que norma la ISO 25010. En las Sección Sección I.4 se puede identificar las aplicaciones con su respectiva evaluación con la ISO 25010.

Tabla 3.17: Norma ISO 25010 - Calidad de Producto [112], [113].

Factor	Criterio	Métrica
Adecuación funcional	Complejidad funcional	Complejidad de la implementación funcional
	Corrección funcional	Exactitud Precisión computacional
	Pertinencia funcional	Pertinencia funcional
Eficiencia en el desempeño	Comportamiento del tiempo	Tiempo de respuesta
		Tiempo de espera
		Rendimiento
	Utilización de recursos	Utilización de CPU
		Utilización de la memoria
		Utilización de los dispositivos de E/S
	Capacidad	Número de peticiones online (Max)
		Número de accesos simultáneos (Max)
Sistema de transmisión de ancho de banda		
Compatibilidad	Co - existencia	Co – existencia disponible
	Interoperatividad	Conectividad con sistemas externos
		Capacidad de intercambiar de datos
Usabilidad	Capacidad de reconocer su adecuación	Integridad de descripción
		Capacidad de demostración
	Capacidad de ser entendido	Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema
	Operatividad	Claridad de mensajes
		Consistencia operacional
		Posibilidad de personalización
	Protección contra errores del usuario	Verificación de entradas válidas
Prevención del uso incorrecto		
Estética de la Interfaz del usuario	Personalización de la apariencia de la interfaz del usuario	
Accesibilidad técnica	Accesibilidad física	
Fiabilidad	Madurez	Eliminación de errores
		Cobertura de pruebas
		Tiempo medio entre fallos
	Disponibilidad	Tiempo de servicio
		Tiempo medio de inactividad
	Tolerancia a fallos	Prevención de fallas
Redundancia		
Capacidad de recuperación	Tiempo medio de recuperación	
Seguridad	Confidencialidad	Capacidad de control de acceso
		Encriptación de datos
	Integridad	Prevención de corrupción de datos
	No repudio	Utilización de firma digital
	Responsabilidad	Capacidad de auditoría de acceso
Autenticidad	Métodos de autenticación	

Continúa en la siguiente página.

Factor	Criterio	Métrica
Mantenibilidad	Capacidad de ser analizado	Capacidad de pistas de auditoría
		Diagnóstico de funciones suficientes
		Grado de localización de corrección de impacto
	Capacidad de ser modificado	Complejidad de modificación
		Índice de éxito de modificación
	Capacidad de ser probado	Capacidad de reinicio de pruebas
Portabilidad	Modularidad	Condensabilidad
	Reusabilidad	Capacidad de ser reusable
	Adaptabilidad	Adaptabilidad en entorno hardware
		Adaptabilidad en entorno de software
		Adaptabilidad en entorno empresarial
	Capacidad de ser Instalado	Eficiencia en el tiempo de instalación
		Facilidad de instalación
	Capacidad de ser Reemplazado	Consistencia en la función de soporte al usuario
		Inclusividad funcional
		Uso continuo de datos

3.2.5 Herramientas y estándares en la evaluación de calidad en Aplicaciones

Al paso del tiempo se ha tratado de estandarizar las herramientas que evalúan la calidad, donde estas herramientas son el resultado de diferentes características que se han seguido de varios criterios o métricas de calidad, basadas en la investigación y experiencias de organizaciones o profesionales en el área del desarrollo e ingeniería del software. Las experiencias de las organizaciones y profesionales como se identifica en la Tabla 3.6 vienen relacionadas con las normas ISO, las cuales se identificaron en los artículos incluidos en la revisión.

Las normas ISO de calidad del software son principalmente de propósito general y se centran en la calidad externa, la calidad en uso y la calidad interna donde se requiere el código fuente para su utilización [114]. La finalidad de normas ISO es ofrecer orientación, coordinación, simplificación y unificación de criterios por la necesidad de homogeneizar las características y los parámetros de calidad de productos y servicios.

Considerando que la calidad debe ser medible y depende de varios factores para conside-

Tabla 3.18: Norma ISO 25010 - Calidad en Uso [112], [113].

Factor	Criterio	Métrica
Efectividad	Efectividad	Complejidad de la tarea
		Efectividad de la tarea
		Frecuencia de error
Eficiencia	Eficiencia	Tiempo de la tarea
		Tiempo relativo de la tarea
		Eficiencia de la tarea
		Eficiencia relativa de la tarea
		Productividad económica
		Porcentaje productivo
		Numero relativo de acciones del usuario
Satisfacción	Utilidad	Nivel de satisfacción
		Uso discrecional de las funciones del sistema
		Porcentaje de quejas de los clientes
Libertad de Riesgo	Financiera	Retorno de la Inversión (ROI)
		Tiempo para lograr el retorno de la inversión
		Rendimiento relativo de negocios
		Balanced Score Card
		Tiempo de entrega
		Ganancias para cada cliente
		Errores con consecuencias económicas
	Corrupción del software	
	Salud y Seguridad	Frecuencia de problemas en la salud y seguridad del usuario
		Impacto en la salud y seguridad del usuario
Seguridad de las personas afectadas por el uso del sistema		
Ambiental	Impacto Ambiental	
Cobertura de contexto	Complejidad de Contexto	Complejidad de Contexto
	Flexibilidad	Función flexible del diseño

Tabla 3.19: Resultado de evaluaciones de aplicaciones móviles con la Norma ISO 25010.

	Calidad de Producto	Calidad en Uso
Aplicaciones Móviles	Usabilidad	Satisfacción
Puzzingo	5,4	9,4
Learny PCI	6,6	9,1
SuperApp	7,8	9,9

Tabla 3.20: Resultado de evaluaciones de aplicaciones móviles con la Norma ISO 25010.

	Calidad de Producto
Aplicaciones Web	Usabilidad
Doctor TEA	6,3
Pictosonidos	9,7
Las Aventuras de Spoti	8,7

rarlo de tal manera, para conseguir asegurar la calidad se debe seguir desde la organización en el computador, en la Figura 3.4 se puede observar la organización del computador. A continuación, se definen sus partes [115] :

- ❑ **Hardware:** es la unión de elementos físicos o materiales que forman un computador.
- ❑ **Software de sistema:** son conjunto de programas que sirven para dar servicio a otros programas, consta de programas de bajo nivel que interactúan con las computadoras a un nivel básico que proporcionan la supervisión en administrar los recursos de una computadora para el beneficio de los programas que se ejecutan en esa computadora, pueden ser: sistemas operativos, compiladores, cargadores y ensambladores.
- ❑ **Software de aplicación:** es un programa o grupo de programas diseñados para usuarios finales. Se ha desarrollado un sin número de aplicaciones con diferentes propósitos por lo cual encontramos algunos dominios [54]:
 - ❖ **Software de ingeniería y ciencias:** son aplicaciones que abordan algoritmos numéricos convencionales, incluso han tomado características del software de sistemas.
 - ❖ **Software incrustado:** es usado para implementar y controlar características y funciones para el usuario final y para el sistema en sí. El software incrustado ejecuta funciones limitadas y particulares.
 - ❖ **Software de línea de productos:** son aplicaciones que proporcionan una capacidad específica para uso de muchos consumidores diferentes.
 - ❖ **Aplicaciones web/móviles:** son una amplia gama de aplicaciones que abarca tanto las aplicaciones basadas en navegador como el software que reside en dispositivos móviles.
 - ❖ **Software de inteligencia artificial:** son aplicaciones que hacen uso de algoritmos no numéricos que resuelve problemas complejos que no son fáciles de tratar computacionalmente o con el análisis directo.

Teniendo en cuenta la finalidad de las normas ISO 25010 y la organización del computador, específicamente, en el nivel de software de aplicación en su dominio de aplicaciones web/móvil, se puede encontrar la relación de la norma ISO 25010 con la herramientas encontrada en la revisión, por ejemplo en las figuras 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 se muestra la relación con la

herramienta Quality Evaluation of Mobile-Learning Application [103]. La relación compartida se da ya que las herramientas fueron basadas en la norma ISO 25010, pero se omitieron algunas categorías que no se consideraron necesarias o fueron nuevamente formuladas para identificar un producto de calidad ya que para la necesidad a suplir del software no resultan necesarias, esto debido a que las herramientas a través de sus métricas, considerando la organización del computador, se pueden aplicar únicamente a nivel del software de aplicación en su dominio, mientras que la norma ISO evalúa en base a sus métricas la calidad a nivel de software de sistema y software de aplicación.

Centrándonos en que las herramientas miden la calidad del producto a nivel del dominio ya especificado de software de aplicación, las métricas de los criterios para su evaluación estarán enfocadas a usuarios donde por lo general se muestran métricas cualitativas con una estandarización de medida, mientras que las métricas de las normas ISO son cuantitativas y algunas no son accesibles por el usuario.

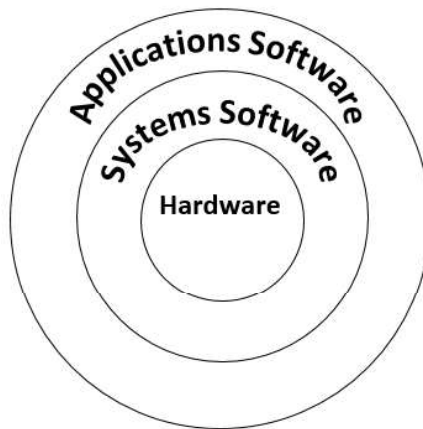


Figura 3.4: Adaptada por el autor; Organización del Computador [115].

ISO 25010 - CALIDAD DEL PRODUCTO [112]		QUALITY EVALUATION OF MOBILE-LEARNING APPLICATIONS [103]	
CATEGORIA	SUBCATEGORIA	CATEGORIA	METRICA
Adecuación funcional	Complejidad funcional	Funcionalidad	Las preguntas de este grupo evalúan aspectos de la funcionalidad, como la precisión y la facilidad para realizar tareas.
	Corrección funcional		
	Pertinencia funcional		
Eficiencia en el desempeño	Comportamiento del tiempo	Seguridad	Las preguntas de este grupo evalúan aspectos de seguridad, como la confidencialidad, la autenticidad, la trazabilidad y la integridad.
	Utilización de recursos		
Compatibilidad	Capacidad	Rendimiento	Las preguntas de este grupo evalúan aspectos del desempeño, como el comportamiento con respecto al tiempo, la capacidad y la utilización de recursos.
	Co - existencia		
Usabilidad	Interoperabilidad	Usabilidad	Las preguntas de este grupo evalúan aspectos de la usabilidad, asegurando que la aplicación de m-learning pueda ser atractiva para el alumno.
	Capacidad de reconocer su adecuación		
	Capacidad de ser entendido		
	Operatividad		
	Protección contra errores del usuario		
Fiabilidad	Estética de la Interfaz del usuario	Portabilidad	Las preguntas de este grupo evalúan aspectos de la portabilidad, como la facilidad de adaptación e instalación a diferentes sistemas.
	Accesibilidad técnica		
	Madurez		
	Disponibilidad		
	Tolerancia a fallos		
Seguridad	Capacidad de recuperación	Pedagógico	Las preguntas de este grupo evalúan aspectos pedagógicos, como el contenido didáctico, la interactividad y el aprendizaje.
	Confidencialidad		
	Integridad		
	No repudio		
	Responsabilidad		
Mantenibilidad	Autenticidad	Comunicación	Las preguntas de este grupo evalúan los aspectos de comunicación de la aplicación, como las notificaciones y las herramientas de colaboración.
	Capacidad de ser analizado		
	Capacidad de ser modificado		
Portabilidad	Capacidad de ser probado	Apoyo	Las preguntas de este grupo evalúan aspectos relacionados con el soporte, como el manejo de incidentes y la asistencia para resolver errores.
	Modularidad		
	Reusabilidad		
	Adaptabilidad		
	Capacidad de ser Instalado		
	Capacidad de ser Reemplazado		

Figura 3.5: ISO 25010 VS Quality Evaluation of Mobile-Learning applications.

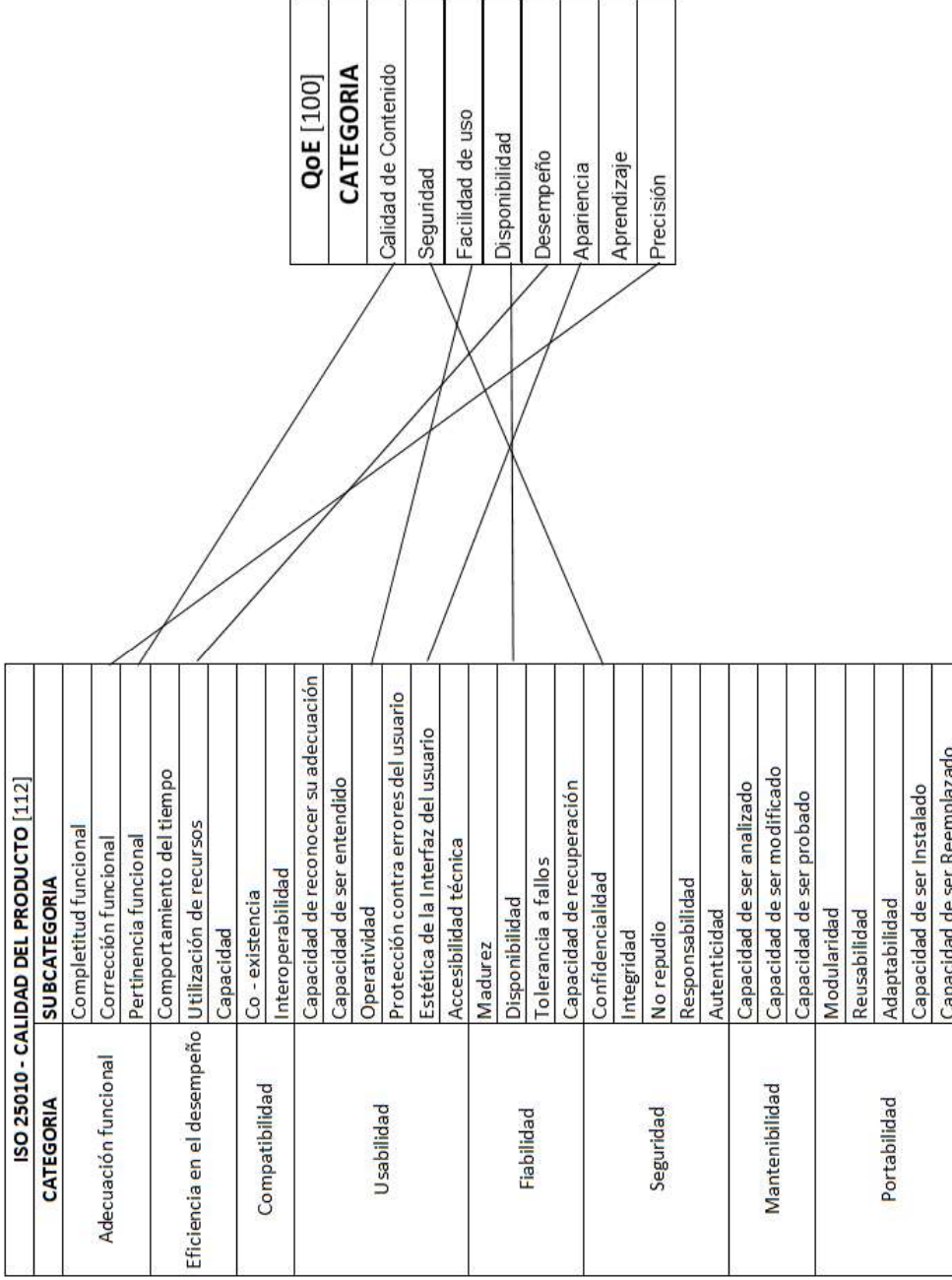


Figura 3.6: ISO 25010 VS Tool for Measuring the Quality of Experience.

ISO 25010 - CALIDAD DEL PRODUCTO [112]		RUBRIC [89]	
CATEGORIA	SUBCATEGORIA	SUBCATEGORIA	CATEGORIA
Adecuación funcional	Complettitud funcional	Productividad	Eficiencia
	Corrección funcional	Frecuencia	
	Pertinencia funcional	Guía	
Eficiencia en el desempeño	Comportamiento del tiempo	Relevancia	Eficiencia
	Utilización de recursos	Credibilidad	
Compatibilidad	Capacidad	Diferenciación	Eficiencia
	Co - existencia	Multiproposito	
Usabilidad	Interoperabilidad	Colaboración y Comunicación	Funcionalidad
	Capacidad de reconocer su adecuación	Habilidad para Guardar el progreso	
	Capacidad de ser entendido	Modificación	
	Operatividad	Integración de Plataforma	
	Protección contra errores del usuario	Seguridad	
	Estética de la Interfaz del usuario	Navegación	
	Accesibilidad técnica	Facilidad de Uso	
Madurez	Personalización		
Fiabilidad	Disponibilidad	Estética	Diseño
	Tolerancia a fallos	Diseño de la Pantalla	
Seguridad	Capacidad de recuperación	Presentación de la información	Diseño
	Confidencialidad	Integración de Medios	
	Integridad	Diseño de la Pantalla	
	No repudio	Diseño de la Pantalla	
Mantenibilidad	Responsabilidad		Diseño
	Autenticidad		
	Capacidad de ser analizado		
Portabilidad	Capacidad de ser modificado		Diseño
	Capacidad de ser probado		
	Modularidad		
	Reusabilidad		
	Adaptabilidad		
	Capacidad de ser Instalado		
	Capacidad de ser Reemplazado		

Figura 3.7: ISO 25010 VS Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps.

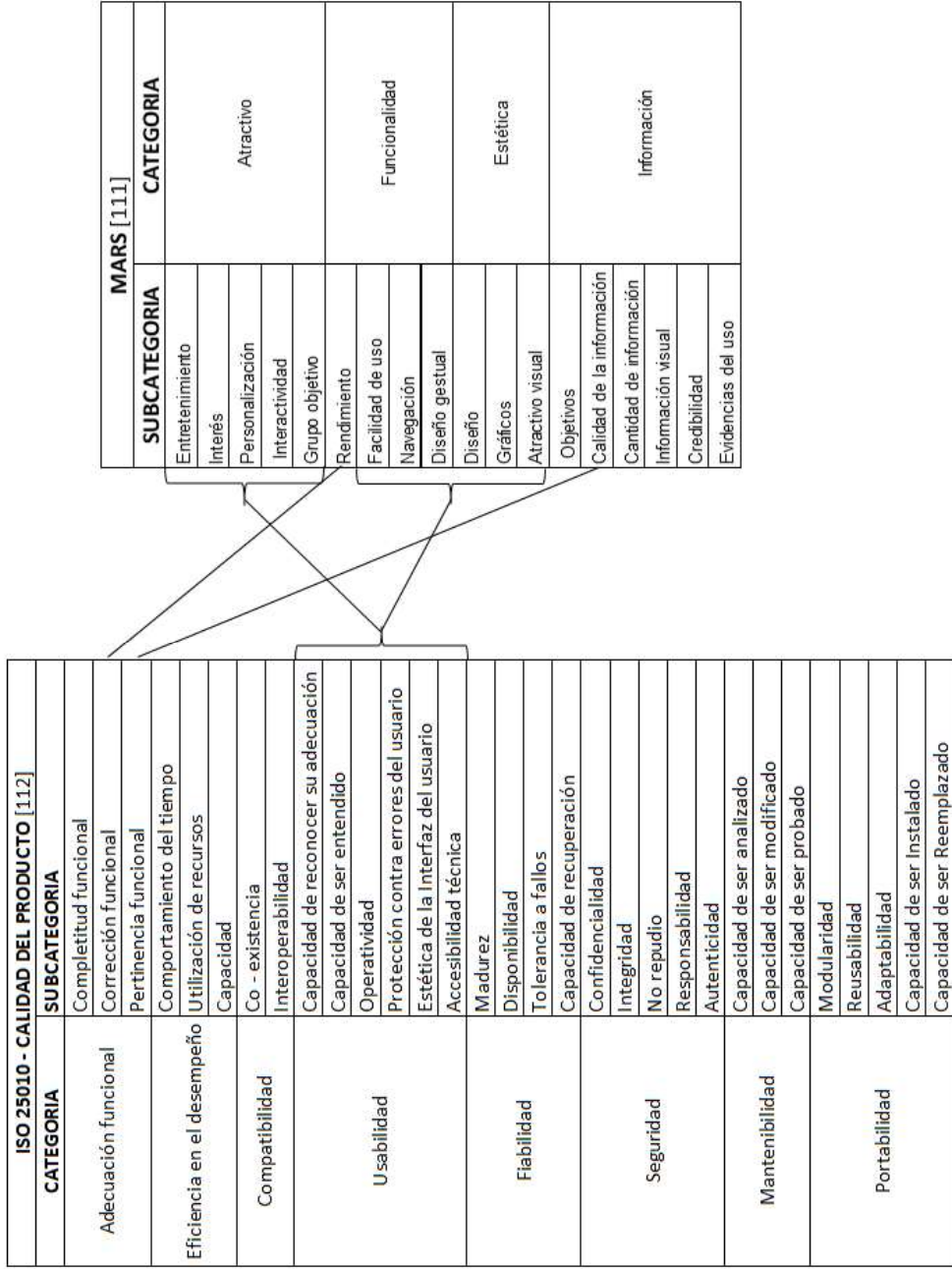


Figura 3.8: ISO 25010 VS Mobile App Rating Scale.

4 CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- ❑ La revisión sistemática del presente trabajo proporciona una lista con 7 estándares y 16 herramientas, usados para evaluar la calidad en aplicaciones. De los estándares identificados 1 evalúa la gestión de calidad, 4 la calidad de software, 1 que proporciona un marco sobre la adaptabilidad y accesibilidad individualizadas en E-learning, educación y capacitación y 1 que es un marco para describir, comparar, analizar e implementar enfoques de gestión de calidad y de garantía de calidad. Las herramientas encontradas evalúan: la calidad de producto de software, la calidad en la implementación del producto de software y la calidad en la creación del software en base a los diagramas de lenguaje modelado unificado(UML). Además, la revisión adicionalmente permitió identificar 5 modelos para evaluar la calidad.
- ❑ El propósito de las ISO es la normalización uniforme de la calidad, por tal razón no se pudieron evaluar. Las herramientas y modelos identificados fueron evaluados en base al espectro de calidad que consiste en los dominios, factores y criterios de calidad útiles para evaluar a la calidad con los que se encontraban elaboradas estas. Este trabajo presenta una lista de dominios, factores y criterios de calidad encontrados en las herramientas y modelos que permitirá a que usuarios y programadores de software educativo a identificar o crea aplicaciones de calidad.
- ❑ En el presente trabajo se pudo identificar diferentes herramientas para evaluar la calidad, y se aplicó a 3 de estas ya que cumplían con la mayoría de factores y criterios de calidad, para evaluar aplicaciones. Se evaluó la calidad de 3 aplicaciones web y 3 aplicaciones móviles útiles para personas con diferentes tipos de discapacidad. Las aplicaciones evaluadas muestran una buena puntuación, ya que sus fortalezas

se encontraban en el diseño y funcionalidad, sin embargo, mostraron una declinación leve debido a la baja capacidad de personalización. Además, se aplicaron los factores de calidad de la norma ISO 25010: Facilidad de Uso y Satisfacción para evaluar las aplicaciones y los resultados muestran una baja eficiencia en la personalización y protección contra errores del usuario.

- ❑ En el presente trabajo, se revisó y evaluó cada uno de los factores y criterios de calidad para aplicaciones educativas, identificando los más relevantes y usados en la actualidad. Además, se identificó las normas ISO encontradas, detectando a la norma ISO 9126 como la más usada en los últimos años a pesar que ya fue reemplazada por las normas SQuaRE, ISO 25000.
- ❑ En el presente trabajo, se realizó una comparación entre factores y criterios de la ISO 25010 y las herramientas encontradas de la revisión sistemática, donde se puede identificar que los factores y criterios de las herramientas guardan una relación con la ISO 25010. Sin embargo, los factores y criterios de calidad de las herramientas miden la calidad de acuerdo con la necesidad que fue creada.

4.2 Recomendaciones

- ❑ La lista de estándares, herramientas y modelos encontrados en el trabajo realizado, puede ser aplicada para evaluar la calidad de futuras aplicaciones.
- ❑ La lista de dominios, factores y criterios de calidad relevantes generada por el presente trabajo puede ser usada por desarrolladores para crear aplicaciones educativas de calidad.
- ❑ Para la ISO 25010, se debe considerar a que recursos se tiene acceso de la aplicación antes de ejecutar la evaluación, y así verificar que factores de la ISO se deben excluir.
- ❑ De las aplicaciones evaluadas, se pueden tomar en cuenta las ineficiencias encontradas en las mismas y considerar estas para crear futuras aplicaciones con mejor calidad.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Zangara, «Uso de nuevas tecnologías en la educación: Una oportunidad para fortalecer la práctica docente», es, pág. 10, 2009.
- [2] A. Fernandez, UNICEF y Fundación Kine, *Hacer cine en la escuela: ver y producir críticamente audiovisuales*, es. 2014, OCLC: 1049777342, ISBN: 978-92-806-4702-0.
- [3] *Methodological Advances in Cross-National Surveys of Educational Achievement*, en. Washington, D.C.: National Academies Press, mayo de 2002, ISBN: 978-0-309-08333-1. DOI: 10.17226/10322. dirección: <http://www.nap.edu/catalog/10322> (visitado 07-01-2019).
- [4] Brussels: European Commission, «The use of ICT to support innovation and lifelong learning for all - A report on progress EN», 2008. dirección: <http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-programme/doc/sec2629.pdf>.
- [5] Y. Torres y N. Macias, «Software educativo como apoyo en el proceso enseñanza-aprendizaje del método de reducción en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales», Tesis doct., Universidad de los Andes, Estado Trujillo, 2009.
- [6] R. Krysa, «Factors Affecting the Adoption and Use of Computer Technology in Schools», en, pág. 36,
- [7] M. Van, «Kennisnet Trend Report 2016-2017», es, pág. 29,
- [8] A. Panqueva, *Ingeniería de software educativo*, ép. Colección Biblioclase. Ediciones Uniandes, 1997, ISBN: 978-958-9057-25-4. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=1UyDAAAACAAJ>.
- [9] Michigan Virtual University, *Guidelines and Model Review Process for Online Courses*, Español, feb. de 2013. dirección: <https://www.inacol.org/resource/inacol-national-standards-for-quality-online-courses-v2/> (visitado 07-01-2019).
- [10] L. Shoukry, C. Sturm y G. Galal-Edeen, «Pre-MEGa: A Proposed Framework for the Design and Evaluation of Preschoolers' Mobile Educational Games», en, en *Innovations and Advances in Computing, Informatics, Systems Sciences, Networking*

- and Engineering*, T. Sobh y K. Elleithy, eds., vol. 313, Cham: Springer International Publishing, 2015, págs. 385-390, ISBN: 978-3-319-06772-8 978-3-319-06773-5. DOI: 10.1007/978-3-319-06773-5_52. dirección: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-06773-5_52 (visitado 07-01-2019).
- [11] M. Malone y M. Peterson, «Is there an app for that? Developing an evaluation rubric for apps for use with adults with special needs», *The Journal of BSN Honors Research*, vol. 6, págs. 38-56, dirección: <http://hdl.handle.net/2271/1181>.
- [12] S. Haugland, *Selecting Developmentally Appropriate Software*, Español. dirección: <http://webshare.northseattle.edu/fam180/topics/computers/selectingdapsoftware.htm>.
- [13] A. Fantini, B. Radice y E. Bocca, «Enfoques para la evaluación formativa en e-learning.», es, pág. 7,
- [14] G. Schulmeyer y J. McManus, *Handbook of Software Quality Assurance*, 3.^a ed. Prentice Hall, 1999, ISBN: 978-0-13-010470-0. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=xc9QAAAAMAAJ>.
- [15] A. Toro y L. Peláez, «Validación de un modelo para el aseguramiento de la calidad del software en MIPYMES que desarrollan software en el Eje Cafetero», es, *Entre ciencia e ingeniería*, vol. 12, n.º 23, pág. 84, mar. de 2018, ISSN: 2539-4169, 1909-8367. DOI: 10.31908/19098367.3707. dirección: <http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/entrecei/article/view/3707> (visitado 21-01-2019).
- [16] F. González, C. Mera y S. Lacoba, *Introducción a la gestión de la calidad*. Delta, 2007, ISBN: 978-84-96477-64-3. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=KYSMQyQAbYC>.
- [17] H. Fayol, «DE FREDERICK WINSLOW TAYLOR: PRINCIPIOS DE LA ADMINISTRACIÓN CIENTÍFICA.», es, pág. 10,
- [18] Company: Ford Motor, *The Ford Industries*. 1929. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=enUstwEACAAJ>.
- [19] H. Ford, *Today and Tomorrow: Commemorative Edition of Ford's 1926 Classic*. Taylor & Francis, 2018, ISBN: 978-1-351-40804-2. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=HzmDDwAAQBAJ>.

- [20] T. Faisal y R. Zillur, «International Journal for Quality research», en, n.º 2, pág. 14, 2010.
- [21] W. Shewhart, *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, 1931.
- [22] G. Regan, *A practical approach to software quality*, en. New York; London: Springer, 2011, OCLC: 752481120, ISBN: 978-1-4419-2951-8.
- [23] J. Ramirez, «CAPITULO II. MOVIMIENTO HISTÓRICO.», es, pág. 7,
- [24] W. Deming, *Out of the Crisis*, ép. Mit Press. Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, 2000, ISBN: 978-0-262-54115-2. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=LA15eDIOPgoC>.
- [25] J. Juran y F. Gryna, *Quality Control Handbook*, ép. Industrial engineering series. McGraw-Hill, 1988, ISBN: 978-0-07-033176-1. dirección: https://books.google.com.ec/books?id=_-VTAAAAMAAJ.
- [26] K. Ishikawa, *Introducción al control de calidad*. Díaz de Santos, 1994, ISBN: 978-84-7978-172-9. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=GzNmAAAACAAJ>.
- [27] P. Crosby y O. Díaz, *La calidad no cuesta: el arte de cerciorarse de la calidad*, es. México: Compañía Editorial Continental, 2006, OCLC: 865149193, ISBN: 978-968-26-1176-6 978-968-26-1220-6 978-0-07-014512-2.
- [28] E. Andersen, «Total quality control», en, *Quality and Reliability Engineering International*, vol. 1, n.º 3, págs. 214-214, jul. de 1985, ISSN: 07488017, 10991638. DOI: 10.1002/qre.4680010315. dirección: <http://doi.wiley.com/10.1002/qre.4680010315> (visitado 04-02-2019).
- [29] *ISO 9001. Orígenes y trayectoria de la norma. La evolución de la calidad*. dirección: <https://www.isotools.org/2013/12/27/origenes-y-trayectoria-de-la-norma-iso-9001-la-evolucion-de-la-calidad/> (visitado 04-02-2019).
- [30] *ISO 9001:2015. Evolución a través de los años - www.calidad.pucp.edu.pe*. dirección: <http://200.16.4.26/el-asesor/iso-9001-2015-evolucion-a-traves-de-los-anos#sthash.ZD0wN4FN.dpbs> (visitado 04-02-2019).
- [31] R. Pressman, «Ingeniería del Software. Un Enfoque Practico», pág. 7, 2010.
- [32] N. Eickelmann y J. H. Hayes, «New Year's Resolutions for Software Quality», en, pág. 2,

- [33] «IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology», *IEEE Std 610.12-1990*, págs. 1-84, dic. de 1990. DOI: 10.1109/IEEESTD.1990.101064.
- [34] F. Scalone, «MAESTRIA EN INGENIERIA EN CALIDAD», es, pág. 488,
- [35] J. McCall, P. Richards y G. Walters, «Factors in Software Quality. Volume I. Concepts and Definitions of Software Quality:» en, Defense Technical Information Center, Fort Belvoir, VA, inf. téc., nov. de 1977. DOI: 10.21236/ADA049014. dirección: <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA049014> (visitado 06-02-2019).
- [36] S. Sinclair y B. Hansen, «INDUSTRIAL FOREST PRODUCT QUALITY: AN EMPIRICAL TEST OF GARVIN'S EIGHT QUALITY DIMENSIONS», en, *WOOD AND FIBER SCIENCE*, vol. 25, pág. 11, 1993.
- [37] D. Garvin, «Product quality: An important strategic weapon», en, *Business Horizons*, vol. 27, n.º 3, págs. 40-43, mayo de 1984, ISSN: 00076813. DOI: 10.1016/0007-6813(84)90024-7. dirección: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007681384900247> (visitado 11-02-2019).
- [38] «Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE). Guide to SQuARE:» en, BSI British Standards, inf. téc. DOI: 10.3403/30289026. dirección: <https://linkresolver.bsigroup.com/junction/resolve/000000000030289026?restype=standard> (visitado 10-04-2019).
- [39] J. Campanella, «Principles of quality costs: Principles, implementation, and use», English, *Quality Congress.ASQ's ...Annual Quality Congress Proceedings*, pág. 507, 1999. dirección: <https://bvirtual.epn.edu.ec/docview/214391406?accountid=36685>.
- [40] A. Feigenbaum, *Control total de la calidad*. Compañía Editorial Continental, 1991, ISBN: 978-968-26-0630-4. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=7EsuQwAACAAJ>.
- [41] A. Montañes, *La Calidad como Estrategia Competitiva. Gestión, Rentabilidad y Auditoria*. 1996, ISBN: 84-7360-154-8.
- [42] M. Willoughby, *Q&A: Quality software means more secure software*, en, mar. de 2005. dirección: <https://www.computerworld.com/article/2563708/security0/q-a--quality-software-means-more-secure-software.html> (visitado 12-02-2019).
- [43] D. Hoyle, «ISO 9000 : manual de sistemas de calidad / David Holey», *SERBIULA (sistema Librum 2.0)*, 2019.

- [44] Institute of Electrical Electronics Engineers, *ISO_IEC_12207_2008*, English, Software life cycle processes, 2008.
- [45] E. Baker, «Basic Principles and Concepts for Achieving Quality», en, pág. 44,
- [46] R. Simmons y T. Davis, «SQA-vs.-SQA-vs.-IV &&V», en *Proceedings of the IEEE National Aerospace and Electronics Conference*, mayo de 1989, 1562-1566 vol.4. DOI: 10.1109/NAECON.1989.40423.
- [47] *Scrum Glossary*. dirección: <http://www.scrum.org/resources/scrum-glossary> (visitado 30-09-2017).
- [48] M. Paulk, *The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process*, ép. SEI series in software engineering. Addison-Wesley, 1995, ISBN: 978-0-201-54664-4. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=pKZQAAAAMAAJ>.
- [49] M. Wieczorek y D. Meyerhoff, *Software Quality: State of the Art in Management, Testing, and Tools*, en. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001, OCLC: 840292224, ISBN: 978-3-642-56529-8 978-3-540-78085-4. dirección: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-56529-8> (visitado 27-02-2019).
- [50] R. Simmons, «Software quality assurance (SQA) early in the acquisition process», en, en *IEEE Conference on Aerospace and Electronics*, Dayton, OH, USA: IEEE, 1990, págs. 664-669. DOI: 10.1109/NAECON.1990.112845. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/112845/> (visitado 27-02-2019).
- [51] J. Horch, *Practical Guide to Software Quality Management*, ép. Artech House computing library. Artech House, 2003, ISBN: 978-1-58053-604-2. dirección: <http://docplayer.net/13929640-Practical-guide-to-software-quality-management.html>.
- [52] L. Hyatt y L. Rosenberg, «A software quality model and metrics for risk assessment», 1996.
- [53] R. Pressman, *Ingeniería del software: un enfoque práctico*, es. México: MacGraw-Hill, 2010, OCLC: 688372715, ISBN: 978-607-15-0314-5.
- [54] R. Pressman y B. Maxim, *Software engineering: a practitioner's approach*, en, 8. ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2015, OCLC: 897415007, ISBN: 978-0-07-802212-8.

- [55] M. Dávalos, «Pruebas de diseño, de carga y funcional para el módulo de notas con sus diferentes formas de calificación y asistencias de alumnos registrando el syllabus para el sistema académico de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales y carrera de networking y telecomunicaciones de la facultad de ciencias matemáticas y físicas de la universidad de Guayaquil», es, Tesis doct.
- [56] B. Boehm, *Software Engineering Economics*, ép. Prentice-Hall advances in computing science and technology series. Prentice-Hall, 1981, ISBN: 978-0-13-822122-5. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=mpZQAAAAMAAJ>.
- [57] R. Ramler, E. Weippl, M. Winterer, W. Schwinger y J. Altmann, «A Quality-Driven Approach to Web Testing», en, pág. 15,
- [58] S. Splaine y S. Jaskiel, *The Web Testing Handbook*. STQE Publishing, 2001, ISBN: 978-0-9704363-0-6. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=os1aPQAACAAJ>.
- [59] H. Nguyen, *Testing Applications on the Web: Test Planning for Internet-Based Systems*. Wiley, 2001, ISBN: 978-0-471-43764-2. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=DfWrtgxJxfsC>.
- [60] J. Gao, X. Bai, W.-T. Tsai y T. Uehara, «Mobile Application Testing: A Tutorial», en, *Computer*, vol. 47, n.º 2, págs. 46-55, feb. de 2014, ISSN: 0018-9162. DOI: 10.1109/MC.2013.445. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6693676/> (visitado 03-04-2019).
- [61] *Cloud-based Mobile Market to Grow 88 %*, en-US, feb. de 2010. dirección: <https://www.marketingcharts.com/industries/technology-12043> (visitado 04-04-2019).
- [62] N. Fenton y J. Bieman, *Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach, Third Edition*, ép. Chapman & Hall/CRC Innovations in Software Engineering and Software Development Series. CRC Press, 2014, ISBN: 9781439838235. dirección: https://books.google.com.ec/books?id=lx%5C_OBQAAQBAJ.
- [63] J. M. Roche, «Software Metrics and Measurement Principles», *SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, vol. 19, n.º 1, págs. 77-85, ene. de 1994, ISSN: 0163-5948. DOI: 10.1145/181610.181625. dirección: <http://doi.acm.org/10.1145/181610.181625>.

- [64] L. Ejiogu, *Software Engineering with Formal Metrics*. QED Technical Publishing Group, 1991, ISBN: 9780894353291. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=KexQAAAAMAAJ>.
- [65] J. Sánchez, «Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis», es, pág. 11,
- [66] Ottawa, *A Dictionary of Epidemiology*. Oxford University Press, USA, 2000, ISBN: 978-0-19-977434-0. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=RPaQY8cG4N4C>.
- [67] E. Jose y U. Iratxe, «Hablemos de... La revisión sistemática y metaanálisis.pdf», Español, *An Pediatr Contin*, vol. 6, págs. 379-383, 2005.
- [68] C. Manterola, P. Astudillo, E. Arias y N. Claros, «Revisión sistemática de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas», es, *Cirugía Española*, vol. 91, n.º 3, págs. 149-155, mar. de 2013, ISSN: 0009739X. DOI: 10.1016/j.ciresp.2011.07.009. dirección: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0009739X11003307> (visitado 21-03-2019).
- [69] B. Hutton, F. Catalá-López y D. Moher, «La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA», es, *Medicina Clínica*, vol. 147, n.º 6, págs. 262-266, sep. de 2016, ISSN: 00257753. (visitado 10-10-2017).
- [70] C. Pérez, «Las revisiones sistemáticas: declaración PRISMA», es, pág. 2,
- [71] G. Urrutía y X. Bonfill, «Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis», es, *Medicina Clínica*, vol. 135, n.º 11, págs. 507-511, oct. de 2010, ISSN: 00257753. DOI: 10.1016/j.medcli.2010.01.015. dirección: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025775310001454> (visitado 19-03-2019).
- [72] B. Kitchenham y S. Charters, *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. 2007.
- [73] E. Chequea, *Espinosa: En Ecuador un total de 1.581 personas han sido diagnosticadas con algún tipo de autismo*, es-ES, abr. de 2018. dirección: <http://www.ecuadorchequea.com/2018/04/03/autismo-ecuador-veronicaespinosa-cifras-ministeriodesalud/> (visitado 18-06-2018).

- [74] H. Thomas, «Tecnologías para la inclusión social y políticas públicas en América Latina», 2008.
- [75] S. Caride, «Juego Interactivo Aprendo jugando», es, pág. 8,
- [76] F. Pérez, «Las TIC aplicadas a las necesidades educativas especiales muy significativas», es, pág. 82,
- [77] A. Pagano y V. Buitron, *Reorganización de las trayectorias escolares de los alumnos con sobriedad en el nivel primario: Ciudad de Buenos Aires (Argentina): programas de aceleración*, es, ép. Educar en ciudades : estudios de políticas inclusivas. Madrid: Fundación Iberoamericana para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2009, OCLC: 733699134, ISBN: 978-84-7666-210-6.
- [78] P. Parea, «Aporte en el uso de las TICS, para las personas con discapacidad visual a través de la implementación del programa jaws y magnificador de pantalla en los cyber de la parroquia Esmeraldas del Cantón y provincia del mismo nombre, durante el año 2011; y evaluación de los resultados del Proyecto Piloto.», es, pág. 132,
- [79] J. Salvador, «Nuevos periféricos utilizados como ayudas técnicas para personas con discapacidad», es, pág. 18,
- [80] L. De Miguel García, «Las TICs aplicadas a las Necesidades Educativas Especiales», español, Tesis doct., Valladolid, jul. de 2014.
- [81] I. Traoré, «A Transition-based Strategy for Object-oriented Software Testing», en *Proceedings of the 2003 ACM Symposium on Applied Computing*, ép. SAC '03, event-place: Melbourne, Florida, New York, NY, USA: ACM, 2003, págs. 1055-1062, ISBN: 1-58113-624-2. DOI: 10.1145/952532.952739. dirección: <http://doi.acm.org/10.1145/952532.952739>.
- [82] S. Neti y H. Muller, «Quality Criteria and an Analysis Framework for Self-Healing Systems», en *International Workshop on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS '07)*, Minneapolis, MN, USA: IEEE, mayo de 2007, págs. 6-6, ISBN: 978-0-7695-2973-8. DOI: 10.1109/SEAMS.2007.15. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4228606/> (visitado 13-05-2019).
- [83] S. Bhatti, «Deducing the complexity to quality of a system using UML», en *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 34, n.º 3, pág. 1, mayo de 2009, ISSN:

01635948. DOI: 10.1145/1527202.1527207. dirección: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1527202.1527207> (visitado 13-05-2019).

- [84] S. Ozkan y R. Koseler, «Multi-dimensional evaluation of E-learning systems in the higher education context: An empirical investigation of a computer literacy course», en, en *2009 39th IEEE Frontiers in Education Conference*, San Antonio, TX, USA: IEEE, oct. de 2009, págs. 1-6, ISBN: 978-1-4244-4715-2. DOI: 10.1109/FIE.2009.5350590. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5350590/> (visitado 13-05-2019).
- [85] A. Groven, K. Haaland, R. Glott y A. Tannenber, «Security measurements within the framework of quality assessment models for free/libre open source software», en, en *Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture Companion Volume - ECSA '10*, Copenhagen, Denmark: ACM Press, 2010, pág. 229, ISBN: 978-1-4503-0179-4. DOI: 10.1145/1842752.1842796. dirección: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1842752.1842796> (visitado 13-05-2019).
- [86] M. Guenaga, I. Mechaca, S. Romero y A. Eguíluz, «A Tool to Evaluate the Level of Inclusion of Digital Learning Objects», en, *Procedia Computer Science*, vol. 14, págs. 148-154, 2012, ISSN: 18770509. DOI: 10.1016/j.procs.2012.10.017. dirección: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S187705091200779X> (visitado 13-05-2019).
- [87] R. Reis, P. Escudeiro y N. Escudeiro, «Educational Resources for Mobile Wireless Devices: A Case Study», en, en *2012 IEEE Seventh International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education*, Takamatsu, Kagawa, Japan: IEEE, mar. de 2012, págs. 264-267, ISBN: 978-1-4673-0884-7 978-0-7695-4662-9. DOI: 10.1109/WMUTE.2012.64. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6185044/> (visitado 13-05-2019).
- [88] M. Klement, «Tools for the Electronic Learning Supports'Quality Assessment», 2012.
- [89] B. Martínez, I. de la Torre, S. Candelas y M. López, «Development and Evaluation of Tools for Measuring the Quality of Experience (QoE) in mHealth Applications», en, *Journal of Medical Systems*, vol. 37, n.º 5, pág. 9976, oct. de 2013, ISSN: 0148-5598, 1573-689X. DOI: 10.1007/s10916-013-9976-x. dirección: <http://link.springer.com/10.1007/s10916-013-9976-x> (visitado 13-05-2019).

- [90] J. Pande, C. J. Garcia y D. Pant, «Optimal component selection for component based software development using pliability metric», en, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 38, n.º 1, pág. 1, ene. de 2013, ISSN: 01635948. DOI: 10.1145/2413038.2413044. dirección: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2413038.2413044> (visitado 13-05-2019).
- [91] A. Pandey, C. Agrawal, A. Sharma y P. Sasikala, «Study of empirical approaches to analyze the software metrics», en, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 38, n.º 4, pág. 1, jul. de 2013, ISSN: 01635948. DOI: 10.1145/2492248.2492270. dirección: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2492248.2492270> (visitado 13-05-2019).
- [92] R. Arora e I. Chhabra, «Extracting components and factors for quality evaluation of e-learning applications», en, en *2014 Recent Advances in Engineering and Computational Sciences (RAECS)*, Chandigarh, India: IEEE, mar. de 2014, págs. 1-5, ISBN: 978-1-4799-2291-8 978-1-4799-2290-1. DOI: 10.1109/RAECS.2014.6799553. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6799553/> (visitado 13-05-2019).
- [93] A. Rohini e I. Chhabra, «Quality analytics for evaluation of dynamic web based learning environment», en, en *2014 IEEE International Conference on MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE)*, Patiala, India: IEEE, dic. de 2014, págs. 138-141, ISBN: 978-1-4799-6876-3. DOI: 10.1109/MITE.2014.7020257. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7020257/> (visitado 13-05-2019).
- [94] R. Nandakumar, A. Lal y R. Parmar, «State of the art in software quality assurance», en, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 39, n.º 3, págs. 1-6, jun. de 2014, ISSN: 01635948. DOI: 10.1145/2597716.2597724. dirección: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2597716.2597724> (visitado 13-05-2019).
- [95] M. Baloh, K. Zupanc, D. Košir, Z. Bosnic y S. Scepanovic, «A quality evaluation framework for mobile learning applications», 2015, págs. 280-283. DOI: 10.1109/MECO.2015.7181923.
- [96] D. Suwawi, E. Darwiyanto y M. Rochmani, «Evaluation of academic website using ISO/IEC 9126», en, en *2015 3rd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, Nusa Dua, Bali, Indonesia: IEEE, mayo de 2015,

- págs. 222-227, ISBN: 978-1-4799-7752-9. DOI: 10.1109/ICoICT.2015.7231426. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7231426/> (visitado 13-05-2019).
- [97] B. Martínez-Pérez, I. de la Torre-Díez y M. López-Coronado, «Experiences and Results of Applying Tools for Assessing the Quality of a mHealth App Named Heart-keeper», en, *Journal of Medical Systems*, vol. 39, n.º 11, pág. 142, nov. de 2015, ISSN: 0148-5598, 1573-689X. DOI: 10.1007/s10916-015-0303-6. dirección: <http://link.springer.com/10.1007/s10916-015-0303-6> (visitado 13-05-2019).
- [98] C. Navarro, A. Molina y M. Redondo, «Towards a Model for Evaluating the Usability of M-learning Systems: from a Mapping Study to an Approach», es, *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, n.º 2, págs. 552-559, feb. de 2015, ISSN: 1548-0992. DOI: 10.1109/TLA.2015.7055578. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7055578/> (visitado 13-05-2019).
- [99] N. Ibrahim, W. Fatimah, W. Ahmad y A. Shafie, «User Experience Study on Folktales Mobile Application for Children's Education», en, en *2015 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies*, Cambridge, United Kingdom: IEEE, sep. de 2015, págs. 353-358, ISBN: 978-1-4799-8660-6. DOI: 10.1109/NGMAST.2015.73. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7373268/> (visitado 13-05-2019).
- [100] T. Sloan, A. Lee Chengand Fegely y L. Santaniello, «A Detailed Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps», en, *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, vol. 15, págs. 117-143, 2016, ISSN: 2165-3151, 2165-316X. DOI: 10.28945/3527. dirección: <https://www.informingscience.org/Publications/3527> (visitado 13-05-2019).
- [101] C. Huang, Y. Chang, H. Lu y M. Wu, «Evaluating the electronic service quality of group buying websites by using the DEMA based network process», en *2016 International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, mayo de 2016, págs. 1-4. DOI: 10.1109/ICASI.2016.7539949.
- [102] C. Navarro, A. Molina, M. Redondo y R. Juarez, «Framework to Evaluate M-Learning Systems: A Technological and Pedagogical Approach», en, *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 11, n.º 1, págs. 33-40, feb. de 2016, ISSN:

1932-8540. DOI: 10.1109/RITA.2016.2518459. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7384441/> (visitado 13-05-2019).

- [103] G. Soad, N. Filho y E. Barbosa, «Quality evaluation of mobile learning applications», en, en *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Erie, PA, USA: IEEE, oct. de 2016, págs. 1-8, ISBN: 978-1-5090-1790-4, DOI: 10.1109/FIE.2016.7757540. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7757540/> (visitado 13-05-2019).
- [104] J. Zbick, «A Web-Based Reference Architecture for Mobile Learning: Its Quality Aspects and Evaluation», en, en *2017 IEEE International Conference on Software Architecture Workshops (ICSAW)*, Gothenburg, Sweden: IEEE, abr. de 2017, págs. 230-235, ISBN: 978-1-5090-4793-2. DOI: 10.1109/ICSAW.2017.8. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7958493/> (visitado 13-05-2019).
- [105] J. Börstler, B. MacKellar, H. Störrle, D. Toll, J. van Assema, R. Duran, S. Hooshangi, J. Jeuring, H. Keuning y C. Kleiner, «I know it when I see it": Perceptions of Code Quality», en, en *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education - ITiCSE '17*, Bologna, Italy: ACM Press, 2017, págs. 389-389, ISBN: 978-1-4503-4704-4. DOI: 10.1145/3059009.3081328. dirección: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3059009.3081328> (visitado 13-05-2019).
- [106] K. Gomez-Roman y E. Navas, «Implementation of software quality control in e-learning development projects: TEC digital», es, en *2017 Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, La Plata: IEEE, oct. de 2017, págs. 1-8, ISBN: 978-1-5386-2376-3. DOI: 10.1109/LACLO.2017.8120886. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8120886/> (visitado 13-05-2019).
- [107] G. Soad, M. Fioravanti, V. Falvo, A. Marcolino, N. Filho y E. Barbosa, «ReqML-catalog: The road to a requirements catalog for mobile learning applications», en, en *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Indianapolis, IN: IEEE, oct. de 2017, págs. 1-9, ISBN: 978-1-5090-5920-1. DOI: 10.1109/FIE.2017.8190718. dirección: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8190718/> (visitado 13-05-2019).
- [108] T. Jitjumlong, P. Chinbenchapol, P. Makasorn, W. Fuknuan, K. Sangsomporn y T. Yingthawornsuk, «Development of Game Application for Enhancement of Children's Cognitive Skills», en, en *2018 18th International Symposium on Communications*

and Information Technologies (ISCIT), Bangkok: IEEE, sep. de 2018, págs. 304-307, ISBN: 978-1-5386-8458-0. DOI: 10.1109/ISCIT.2018.8587969. dirección: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8587969/> (visitado 13-05-2019).

- [109] A. Larco, F. Enríquez y S. Luján-Mora, «Review and evaluation of special education iOS Apps using MARS», Buenos Aires, Argentina, ago. de 2018.
- [110] A. Larco, C. Yanez, V. Almendáriz y S. Luján-Mora, «Thinking about inclusion: Assessment of multiplatform apps for people with disability», en, Tenerife, España, mayo de 2018, ISBN: 978-1-5386-2957-4. DOI: 10.1109/EDUCON.2018.8363250. dirección: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8363250/>.
- [111] Stoyan Stoyanov, *MARS training video*, jun. de 2016. dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=25vBwJQIOcE> (visitado 01-05-2017).
- [112] *User Interface (UI) Prototypes: An Agile Introduction*. dirección: <http://agilemodeling.com/artifacts/uiPrototype.htm> (visitado 26-01-2017).
- [113] A. Balseca, «Evaluación de calidad de productos software en empresas de desarrollo de software aplicando la norma ISO/IEC 25000», es, Tesis doct.
- [114] A. González Reyes, M. Ampuero y A. Hernández González, «Análisis comparativo de modelos y estándares para evaluar la calidad del producto de software», *Revista Cubana de Ingeniería*, vol. 6, dic. de 2015. DOI: 10.1234/rci.v6i3.411.
- [115] D. Patterson y J. Hennessy, *Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface*, ép. The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and Design. Elsevier Science, 2008, ISBN: 978-0-08-092281-2. dirección: https://books.google.com.ec/books?id=3b63x-0P3_UC.

I ANEXOS

I.1 Plantillas utilizadas

- Guía de Elseiver
- Guia de Prisma

I.2 Tablas de resultados detalladas

- Tabla resultado artículos ACM.
- Tabla resultado artículos Web of Science.
- Tabla resultado artículos IEEExplore.
- Tabla resultado artículos Science Direct.
- Tabla resultado artículos Scopus.
- Tabla resultado artículos Springer Link.
- Tabla resultado artículos Consolidado.
- Tabla resultado artículos Filtrado por Duplicados.
- Tabla resultado artículos Filtrado por Título.
- Tabla resultado artículos Filtrado por Abstract.
- Tabla resultado artículos Filtrado por Full Text.
- Tabla resultado análisis de artículos.

I.3 Documentos

- Mobile App Rating Scale.

- Tool for Measuring the Quality of Experience.
- Rubric for Assessing the Quality of Teacher Resource Apps.
- ISO 25010 Evaluacion App Moviles
- ISO 25010 Evaluacion App Web

I.4 Archivos

- Artículos Incluidos PDFs.
- Evaluaciones de Aplicaciones.