

Investigación sobre el diseño de software en la última década: Un mapeo sistemático de literatura

José Baeza¹, Omar S. Gómez², Raúl A. Aguilar¹

¹ Universidad Autónoma de Yucatán,
México

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,
Ecuador

josedelarosabass@gmail.com, avera@correo.uady.mx,
ogomez@esPOCH.edu.ec

Resumen. El presente estudio tiene como objetivo ofrecer una visión general de la investigación desarrollada en la última década, con base en las preguntas de investigación formuladas, con la intención de identificar áreas de oportunidad para continuar con estudios primarios o secundarios en temáticas específicas. Para lo anterior, se realizó un mapeo sistemático mediante el cual se seleccionaron 60 estudios primarios realizados en la última década, los cuales fueron analizados mediante un enfoque cuantitativo. El estudio plantea el análisis de aspectos como factores de calidad, métodos de representación utilizados, así como el grado de innovación de los métodos, técnicas o metodologías de diseño; adicionalmente, se analizan los métodos de evaluación empírica utilizados y el contexto en que se desarrollan dichos estudios. Los hallazgos indican interés en problemas vinculados con aspectos de calidad, y entre los principales factores considerados en los estudios, se encuentran la fiabilidad y la usabilidad; por otro lado, respecto del grado de innovación, se identificó que poco más de la mitad de los estudios se orienta a la mejora de métodos o técnicas existentes; en relación con el método de validación, el estudio de caso fue el más recurrido, y el contexto industrial duplica en número a los estudios realizados en un contexto académico. El estudio permite concluir que la investigación en el área de diseño software, es aún vigente en el contexto de la Ingeniería de Software.

Palabras clave: Calidad del diseño, diseño software, estudio de mapeo sistemático, métodos de validación empírica.

Research on Software Design in the Last Decade: A Systematic Mapping of Literature

Abstract. This study aims to offer an overview of the research developed in the last decade, based on the research questions formulated, with the intention of identifying areas of opportunity to continue with primary or secondary studies in specific topics. For this, a systematic mapping was carried out through which 60 primary studies carried out in the last decade were selected, which were analyzed using a quantitative approach. The study proposes the analysis of aspects such as quality factors, methods of representation used, as well as the degree of innovation of the methods, techniques or design methodologies. Additionally, the empirical evaluation methods used and the context in which said studies are carried out are analyzed. The findings indicate interest in problems related to quality aspects, and among the main factors considered in the studies are reliability and usability; On the other hand, regarding the degree of innovation, it was identified that just over half of the studies are aimed at improving existing methods or techniques; Regarding the validation method, the case study was the most used, and the industrial context doubles in number to the studies carried out in an academic context. The study allows to conclude that research in the area of software design is still in force in the context of Software Engineering.

Keywords: Design quality, software design, empirical validation methods, systematic mapping study.

1. Introducción

El concepto de diseño se define como “el proceso de definir una arquitectura, componentes, interfaces u otras características de un componente” junto al resultado de este [1]. El diseño representa una fase de vital importancia en las primeras etapas de la construcción del software, en esta se analizan los requisitos del software para poder generar una descripción —generalmente gráfica— de la estructura más adecuada para dar solución a la necesidad planteada por los clientes; como resultado de este proceso de abstracción obtenemos la organización de los diferentes componentes de software así como sus interfaces; de igual forma, este proceso debe describir con alto nivel de detalle todos los componentes, para poder lograr su construcción [2]. Al estar trabajando con en el proceso de diseño, los Ingenieros de Software deben crear diversos modelos —diseños— para dar solución al conjunto de requisitos acordados; en consecuencia, podemos utilizar dichos modelos como punto de partida en la construcción software, de manera que posteriormente se pueda planificar actividades como, codificación, verificación y validación.

De acuerdo con [3] el diseño software consta de dos actividades principales, en primer lugar, se habla de un diseño de alto nivel, en el que se desarrolla la estructura de nivel superior que permite identificar cada uno de los componentes; en segundo lugar, se tiene el diseño detallado, en la cual se especifica cada componente con un

alto nivel de detalle para facilitar su construcción. Por otro lado, existe un área de conocimiento utilizado en las ciencias e ingenierías, para obtener una abstracción de la solución del sistema con cierto nivel de precisión y detalle; esta abstracción del sistema es llamada “Modelo Software” la cual es usada para evaluar la solución antes de codificar, desde diferentes perspectivas o vistas. Este modelado del software, es representado de manera gráfica, usualmente mediante un conjunto de diagramas que forman parte del Lenguaje de Modelado Unificado (UML), los cuales ayudan en el desarrollo del software facilitando la comunicación entre los diferentes actores del proceso. En este contexto, podemos concebir el proceso de modelado del software en dos áreas, el modelado estático, el cual provee una vista del sistema que ilustra la relación entre las clases, y por otro lado, el modelado dinámico, que presenta el comportamiento de los diferentes elementos del sistema [4].

2. Metodología adoptada

Con el propósito de identificar la evidencia disponible publicada a lo largo de los últimos años en el área de diseño del software, y con ello caracterizar la investigación realizada, se optó por utilizar como metodología de estudio, el mapeo sistemático de literatura o estudio de mapeo (EM); dicho tipo de estudio secundario permite la explorar y clasificar la investigación existente, e identificar "lagunas de evidencia" donde se necesitan más estudios primarios [5]. Para el desarrollo del presente estudio se utilizó como referencia la guía propuesta en [6] en la cual se establecen las siguientes tareas:

1. *Formulación de las preguntas de investigación:* El objetivo principal de los EM es proporcionar una descripción general de un área de investigación e identificar la cantidad, tipo de investigación y resultados disponibles.
2. *Búsqueda de estudios primarios:* Los estudios primarios se obtienen utilizando cadenas de búsqueda en Bases de Datos Científicas, o navegando de manera manual en actas de conferencias o publicaciones de revistas relevantes.
3. *Selección de artículos relevantes:* Dicha tarea consiste en aplicar un conjunto de criterios tanto de inclusión, como de exclusión, para seleccionar los artículos primarios más adecuados.
4. *Definición de un esquema de clasificación:* El investigador lee los resúmenes y buscan palabras clave y conceptos que permitan identificar un esquema de clasificación.
5. *Extracción de datos y elaboración del reporte:* En esta tarea, los artículos relevantes se clasifican en un esquema previamente diseñado; es decir, se realiza la extracción de datos y se procede con análisis de los resultados, presentando las frecuencias de las publicaciones para cada categoría, lo anterior hace posible ver qué categorías se han enfatizado en investigaciones anteriores y, por tanto, identificar oportunidades para investigaciones futuras.

3. Planeación del estudio

La revisión del estado del arte plasmada en el SWEBOK [7] y el análisis de materiales considerados como referencias obligadas para el área de diseño software [3, 4], permitieron acumular información suficiente para la formulación de las preguntas de investigación.

3.1 Preguntas de investigación

A continuación, se definieron las siguientes preguntas de investigación en consideración al área de conocimiento de “Diseño Software” de la ingeniería de software.

- *PI01. ¿Cómo se distribuyen los estudios seleccionados en torno al diseño software, en la última década (2010-2020)?*
- *PI02 ¿Cuál es el objeto de estudio que abordan los métodos, técnicas o metodologías abordadas en los estudios primarios seleccionados?*
- *PI03 ¿Qué problemas han sido abordados con los patrones de diseño en los estudios primarios seleccionados?*
- *PI04 ¿Cuáles han sido los métodos de representación gráfica utilizados en los estudios primarios vinculados con el área de Diseño de Software?*
- *PI05 ¿Cuáles son los factores de calidad abordados en los estudios primarios vinculados con el área de Diseño de Software?*
- *PI06 ¿Cuál es el grado de innovación que poseen los métodos, técnicas o metodologías abordadas en los estudios primarios seleccionados?*
- *PI07 ¿Cuáles han sido los métodos de validación utilizados en la última década por los estudios primarios vinculados con el área de Diseño Software?*
- *PI08 ¿En qué contexto han sido desarrollados los estudios primarios vinculados con el área de Diseño Software durante la última década?*

Con la revisión del estado del arte y la formulación de las preguntas de investigación, se realizó un análisis PICOC [8] del área bajo estudio, dicho análisis permitió identificar palabras clave para elaborar la cadena de búsqueda, así como para tener una primera aproximación del instrumento para recolección de la información al momento de la revisión de los estudios que fuesen seleccionados.

- *Población: Diseño Software*
- *Intervención: Estilos arquitectónicos en diseño o Patrones de diseño*
- *Comparación: Factores de calidad para los Modelos de Diseño o Métricas de calidad para los Modelos de Diseño*
- *Resultados: Mejoramiento del Diseño Software o Mejoramiento de los Modelos del Diseño Software.*
- *Contexto: Industrial o Academia.*

Tabla 1. Categorías identificadas para el análisis de los estudios primarios seleccionados.

Aspecto	Categoría
PI02. Objeto de estudio.	Alto nivel, Detallado, Interfaz.
PI04. Modelo UML.	Actividad, estática, interacción, implementación.
PI06. Innovación.	Nuevo, Mejora.
PI07. Método de Validación	Estudios de caso, Experimento, Investigación-acción, observación.
PI08. Contexto del estudio.	Industria, Academia.

Tabla 2. Proceso de selección de estudios primarios.

BD	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Google Scholar	276	106	50
IEEE Xplore	524	235	10
		Total	60

Con el análisis PICOC y las preguntas de investigación formuladas, se identificaron posibles categorías que permitiesen al investigador clasificar parte de la información a recopilar durante el análisis de los estudios primarios seleccionados (ver Tabla 1).

3.2 Definición de bases de datos

Para el estudio de Mapeo Sistemático se seleccionaron las siguientes Bases de Datos (BD):

- *Google Scholar*: una BD de artículos académicos (de una amplia gama de fuentes) sin restricciones de idioma, revistas o geográficas, lo cual permite acceder a literatura que no está disponible en otras BD. Si bien dicha base de datos no asegura la disponibilidad de los textos de los artículos, en el caso de un estudio de mapeo, resulta suficiente el acceso a los resúmenes.
- *IEEE Xplore*: una BD de investigación académica en las áreas de Ciencias de la Computación, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en la que los resúmenes son de libre acceso.

3.3 Cadena de Búsqueda

Habiendo identificado los términos claves, se generó la siguiente cadena de búsqueda:

Design AND (“architectural styles” OR patterns OR models OR techniques OR architectures)

Dicha cadena fue evaluada en los repositorios de Google Scholar y de IEEE Xplorer para realizar los ajustes para los formatos que manejan los repositorios teniendo a continuación las siguientes cadenas de búsquedas ajustadas:

- Google Scholar: *allintitle: “Software Design” AND (“architectural styles” OR patterns OR models OR techniques)*
- IEEE Xplore: (*“Document Title”: “Software Design” AND (“architectural styles” OR patterns OR models OR techniques)*)

3.4 Criterios de Exclusión e Inclusión

Los criterios acordados para seleccionar los artículos primarios más adecuados, de entre el conjunto que nos arroja la cadena de búsqueda, son los siguientes:

Criterios de Inclusión:

- Publicaciones entre 2010 y 2020.
- Artículos publicados en revistas de investigación.
- Artículos con títulos y resúmenes en idioma inglés.

Criterios de Exclusión:

- Artículos duplicados en los repositorios.
- Artículos que no aborden aspectos vinculados con el proceso software.

4. Ejecución del estudio

El estudio fue desarrollado durante el mes de agosto de 2021, para dicho estudio se filtraron los resultados recuperados de las búsquedas en los repositorios de *Google Scholar* e *IEEE Xplore* se excluyeron aquellos que no estaban alineados con los objetivos del mapeo sistemático, de acuerdo con las siguientes fases:

- Fase 1: Utilizar nuestras cadenas de búsquedas en las BD seleccionados.
- Fase 2: Aplicar los criterios de inclusión al conjunto de estudios obtenidos en el final de la fase 1.
- Fase 3: Aplicar los criterios de exclusión al conjunto de artículos obtenidos al final de la fase 2.

La Tabla 2 ilustra el número de estudios obtenidos al final de cada una de las tres fases del proceso de filtrado.

5. Resultados

En este apartado se presentarán los resultados del estudio de acuerdo con las preguntas de investigación planteadas.

PI01. ¿Cómo se distribuyen los estudios seleccionados en torno al diseño software, en la última década (2010-2020)?

En la Figura 1 se presenta un diagrama que ilustra el número de artículos publicados por año, en el periodo del 2010 al 2020. Como se puede observar, durante

Tabla 3. Categorías abordadas en los Patrones de Diseño.

Categoría	f
Factores de Calidad	24
Malas prácticas en el diseño	15
Diseños robustos para aspectos de seguridad	9
Falta de expertiz en los diseñadores	5
Diseños orientados a la automatización	4
No específica	3

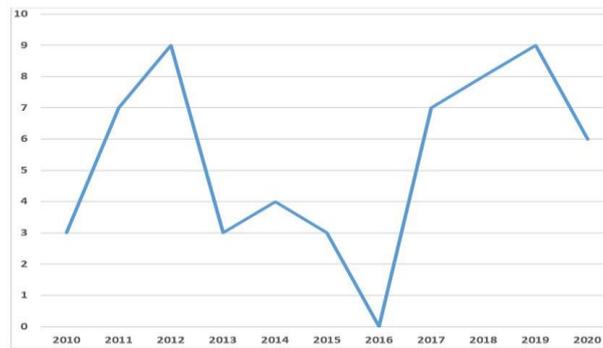


Fig. 1. Frecuencia de estudios seleccionados por año de publicación.

esta década la mayor parte de los años se ha mantenido en un constante número de publicaciones destacando dos años 2012, 2018 y 2019 que acumulan en los tres años el 43% del total de artículos publicados en la década; es de destacar también que en 2016 no se obtuvieron artículos publicados.

PI02 ¿Cuál es el objeto de estudio que abordan los métodos, técnicas o metodologías abordadas en los estudios primarios seleccionados?

En relación con el objeto de estudio, el 28% de los métodos, técnicas o metodologías identificadas, se enfocaron al “diseño a la Interfaz”, el cual representa la manera en la que los usuarios interactuarán con el sistema, junto con ciertas características, prototipos, así como formas de evaluar dichas experiencias. Un segundo grupo de estudios (45%) se enfoca al “diseño detallado”, es decir, técnicas y formas de describir cada uno de los componentes que conforman nuestro sistema; finalmente, el 27% restante habla sobre el “diseño de alto nivel”, por lo que notamos que muy pocos artículos se centran en la forma en la cual se organizan los componentes, o la manera en la que se representan ciertas vistas.

PI03 ¿Qué problemas han sido abordados con los patrones de diseño en los estudios primarios seleccionados?

De acuerdo con el análisis obtenido a partir de los estudios primarios, se identificaron cinco categorías de problemáticas abordadas, la frecuencia de cada una de estas se presenta en Tabla 3.

Tabla 4. Categorías abordadas en los patrones de diseño.

Categoría	f
Estática	24
Implementación	11
Actividad	10
Interacción	8
No específica	7

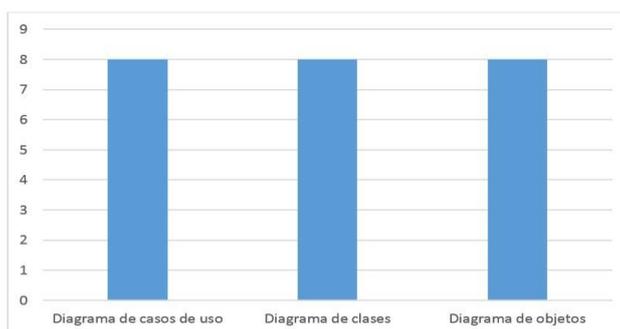


Fig. 3. Diagramas UML más utilizados en la categoría estática.

Podemos identificar que la categoría caracterizada por la moda, tiene que ver con la mejora en algún factor de calidad o con alguna propuesta entre la relación que existe entre crear un buen diseño y obtener un buen producto; por otro lado, la segunda categoría con mayor frecuencia se relaciona con el interés de mejorar los diseños evitando o reduciendo el uso de malas prácticas en dichos diseños, ya que en muchos casos, los diseños son muy complejas y esto genera retrasos o problemas para el desarrollo y entrega de los productos.

PI04 ¿Cuáles han sido los métodos de representación gráfica utilizados en los estudios primarios vinculados con el área de Diseño de Software?

De acuerdo con los tipos de diagramas propuestos por el Lenguaje de Modelado Unificado (UML), en la Tabla 4 se listan los métodos de representación y su frecuencia, identificados en los estudios primarios analizados.

Con base en la categoría que es más utilizada entre todos los estudios primarios, analizamos el tipo de diagrama referido en dicha categoría; la figura 3 ilustra los tres tipos de diagramas que pertenecen a esta categoría —estática— y que coincidentemente se reportaron con la misma frecuencia; cabe resaltar que estos diagramas es común encontrarlos en la documentación de los proyectos software.

PI05 ¿Cuáles son los factores de calidad abordados en los estudios primarios vinculados con el área de Diseño de Software?

Con el análisis de los estudios primarios seleccionados, se observó que en el 23% de ellos se mencionan factores de calidad que no se habían considerado al inicio del estudio; respecto de los aspectos que se habían considerado [9], 21 hablan sobre

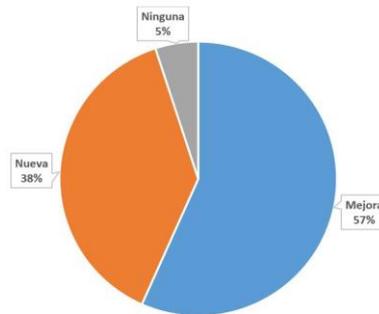


Fig. 2. Innovación en modelos, técnicas o metodologías.

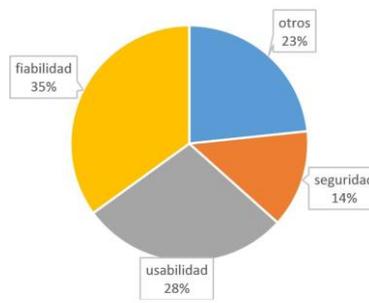


Fig. 4. Factores identificados sobre calidad del diseño en los estudios seleccionados.

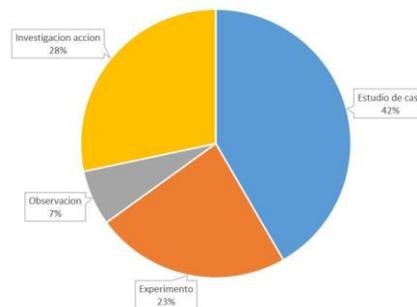


Fig. 5. Utilización de los métodos de validación en los estudios seleccionados.

aspectos de fiabilidad, 17 sobre aspectos de usabilidad, y los 8 restantes se refieren a aspectos vinculados con la seguridad (ver figura 4).

PI06 ¿Cuál es el grado de innovación que poseen los métodos, técnicas o metodologías abordadas en los estudios primarios seleccionados?

En relación con la innovación, se puede observar que se presentaron 23 métodos, técnicas o metodologías que proponen nuevos modelos enfocados en el diseño software con el fin de hacer una evolución a nuevas ideas, por otro lado, 34 artículos

plantearon propuestas de mejora respecto a dichos métodos, técnicas o metodologías existentes; finalmente notamos que 3 publicaciones se enfocaban a la difusión de la investigación, en particular, dar a conocer ciertas técnicas en el ámbito de diseño software.

PI07 ¿Cuáles han sido los métodos de validación utilizados en la última década por los estudios primarios vinculados con el área de Diseño Software?

En cuanto a los métodos de investigación utilizados como mecanismos de validación empírica [10] utilizados en los estudios relacionados a la calidad, se pudo identificar que los Estudios de Caso (25 estudios) son los más recurridos para evaluar y analizar el desempeño de las propuestas en modelos o técnicas existentes al diseño software, ya que gran parte de los artículos se enfocan a la mejora modelos o técnicas y la evaluación de los modelos o técnicas existentes. El segundo método más usado es el de Investigación acción (17 estudios), se explica debido a que gran parte de los artículos buscan comprobar las mejoras que han desarrollado en aspectos de patrones, arquitecturas, etc. En tercer lugar identificamos el método Experimental (14 Estudios) y en cuarto lugar el método de la Observación (4 Estudios). La figura 5 ilustra el uso de los métodos de validación recurridos en los estudios primarios seleccionados.

PI08 ¿En qué contexto han sido desarrollados los estudios primarios vinculados con el área de Diseño Software durante la última década?

Finalmente, en relación con el contexto en el cual se desarrollan los estudios primarios, la categoría identificada con mayor frecuencia, fue la industria en el 58% de los estudios; el contexto académico fue citado en el 25%, y nos llama la atención que el 17% restante no identifica el contexto bajo el cual se desarrolló el estudio. Posiblemente los resultados expliquen el que gran parte de los artículos son propuesta de mejora para realizar cambios en la Industria.

6. Conclusiones

Con el estudio realizado, es posible apreciar, que en la última década se ha mantenido el interés en mejorar los procesos de diseño del software, se pudo identificar que la principal característica al analizar patrones de diseño, radica en el aspecto de la calidad del software, sin embargo, es notorio que gran parte de los estudios se refieren a la tarea de mejorar la creación de los diseños, evitando malas prácticas, es por ello que a los autores les resulta interesante el poder profundizar sobre las características de las estrategias de diseño software para la mejora de aspectos como: complejidad, redundancia, adecuaciones inadecuadas del UML, etc. Por otro lado, también se pudieron identificar ciertos estudios relacionados con los diseños para la automatización, es que aquí donde podemos abordar un nuevo nicho de oportunidades, ya que este término nace alrededor del año 2017 y se tiene muy poco conocimiento sobre el mismo. También se pudo identificar que el Estudio de Caso resulta ser el mecanismo empírico más recurrido para la investigación en el área de Diseño, y que el contexto industrial sigue siendo el entorno de experimentación preferido; ambos resultados coinciden con hallazgos de estudios realizados en

paralelo —por los autores— sobre otras áreas de conocimiento de la Ingeniería de Software [11, 12]. En términos generales, podemos concluir que existen aún problemáticas por abordar en el ámbito del diseño software, lo cual fortalece el interés de los autores por continuar —p.e. con una RSL— profundizando a corto plazo, en alguno de los aspectos identificados en el presente estudio.

Referencias

1. Crosby P.B.: *Quality Is Free*, McGraw-Hill (1979)
2. Humphrey, W.: *Managing the Software Process*, Addison-Wesley (1989)
3. Kan, S.H.: *Metrics and Models in Software Quality Engineering*, Addison Wesley (2002)
4. Gooma, H.: *Software Modeling and Design* (2011)
5. Genero, M. Cruz-Lemus, J., Piattini, M.: *Métodos de investigación en ingeniería de software*, Ed. Ra-Ma (2014)
6. Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S.: *Systematic Mapping Studies in Software Engineering*. In: *Proceedings 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering* (2008)
7. Bourque, P., Fairley, R.: *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. SWEBOK V3.0* In: IEEE Computer Society Press (2014)
8. Kitchenham, B., Charters, S.: *Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. EBSE (2007)
9. Laporte, C., April, A.: *Software Quality Models*, Software Quality Assurance (2018)
10. Malhotra, R.: *Empirical Research in Software Engineering: Concepts, Analysis, and Applications*. CRC Press (2015)
11. Ávila, D., Aguilar R.: *Research in the Area of Software Quality: A Mapping Study of the Last Decade*. *Proceedings of the 2021 Mexican International Conference on Computer Science (ENC)* (2021) doi: 10.1109/ENC53357.2021.9534818.
12. García, N., Díaz, J., Aguilar R.: *Investigación sobre técnicas y estrategias de prueba del software: Un estudio de mapeo sistemático sobre la última década*. *Research in Computing Science*, 150(11), pp. 245–264 (2021)