

# Modelo de Procesos Logísticos en agencias aduanales usando Herramientas de Ingeniería de Software



## Colaboración

Javier Guzmán Obando; Rocío Estela Reyna Rodríguez; Nora Hilda González Durán; Juan Carlos Guzmán García, Universidad Autónoma de Tamaulipas

**RESUMEN:** En el presente estudio que tiene como objetivo plantear la creación de un modelo de optimización mediante la aplicación de principios de uso de herramientas de ISW, con el fin de mejorar continuamente los procesos aduaneros eligiendo e implementando sistemas tecnológicos efectivos y estructurados sigue un diseño de investigación explicativo, el cual se centra en la relación entre causa y efecto y en las preocupaciones sobre cómo una variable afecta o es responsable de otra variable. Se limita las variables relacionadas con los procesos aduaneros y susceptibles de optimización a través de herramientas de ISW, como la gestión de inventario, el seguimiento de envíos, la gestión de documentos aduaneros, etc.; se utilizaron fuentes de datos específicas y disponibles para la agencia aduanal, como registros internos de la empresa, bases de datos existentes y sistemas de seguimiento de envíos; se hace énfasis en un periodo de tiempo específico para evaluar la efectividad del modelo de optimización de procesos lógicos, de un aproximado de un año y medio; se utiliza el modelo de ciclo de vida de software en cascada para desarrollar el proyecto y al final se presentan las conclusiones relacionadas a partir de los resultados obtenidos, incluyéndose, además, recomendaciones para la agencia aduanal.

**PALABRAS CLAVE:** Agencias aduanales, Herramientas de ingeniería de software, Modelo, Optimización logística.

Fecha de recepción: 04 de junio de 2024

Fecha de aceptación: 29 de octubre de 2024

**ABSTRACT:** In this study, which aims to propose the creation of an optimization model through the application of principles of using ISW tools, in order to continuously improve customs processes by choosing and implementing effective and structured technological systems, an explanatory research design is followed, which focuses on the relationship between cause and effect and on concerns about how one variable affects or is responsible for another variable. It limits the variables related to customs processes and susceptible to optimization through ISW tools, such as inventory management, shipment tracking, customs document management, etc.; specific and available data sources for the customs agency were used, such as internal company records, existing databases and shipment tracking systems; emphasis is placed on a specific time period to evaluate the effectiveness of the logical process optimization model, approximately one and a half years; The waterfall software life cycle model is used to develop the project and, at the end, the conclusions related to the results obtained are presented, including, in addition, recommendations for the customs agency.

**KEYWORDS:** Customs agencies, Logistics optimization, Model, Software engineering tools.

## INTRODUCCIÓN

Una agencia aduanal es una empresa que actúa como intermediario entre los importadores/exportadores y las autoridades aduaneras. Su función principal es facilitar el comercio internacional asegurando que las mercancías que entran o salen de un país cumplan con todas las regulaciones y procedimientos aduaneros [1]. Las agencias aduanales son fundamentales en el comercio internacional, manejando la importación y exportación de las mercancías; estas se encuentran sometidas a dificultades operativas y legales, donde la falta de mejora en sus procedimientos puede conducir a demoras y una disminución en su ventaja en la competencia.

Con la globalización, estas agencias son vitales para las empresas que buscan expandirse de manera internacionalmente, pero enfrentan desafíos significativos en términos de procesos, fiscalidad y logística.

Las restricciones ambientales más severas de la actualidad, la mayor atención hacia la sostenibilidad, los crecientes volúmenes de transporte y la necesidad apremiante de digitalizar las transacciones exigen una mayor eficiencia portuaria para mejorar los procesos en las agencias aduanales de los puertos marítimos [2, 3, 4]. Con este objetivo, los volúmenes de datos más amplios que se generan actualmente requieren cada vez más el apoyo de la analítica empresarial para una toma de decisiones más oportuna y basada en hechos.

Por otro lado, las herramientas de ingeniería de software (ISW) son programas que ayudan a los desarrolladores a crear, mantener y gestionar software de manera eficiente. Estas herramientas abarcan una amplia gama de funcionalidades, desde editores de código y entornos de desarrollo integrados hasta herramientas de control de versiones, prueba y despliegue. Uno de los beneficios clave de las herramientas de ingeniería de software es la mejora de la productividad [5].

En este sentido, la integración de los sistemas de inteligencia empresarial con los sistemas de información de procesos puede convertirse en una herramienta clave para los usuarios empresariales en la toma de decisiones [6].

Las empresas informan continuamente de mayores ganancias de valor competitivo derivadas del uso de herramientas de inteligencia empresarial y analítica [7].

Nuevas tendencias como el análisis rápido y la ciencia de datos han surgido como parte de la inteligencia empresarial [8].

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y las herramientas de Ingeniería de Software (ISW) antes mencionadas, entre otras, son clave para mejorar y optimizar los procesos de las agencias aduaneras, ofreciendo soluciones tecnológicas personalizadas que mejoran la gestión, eficiencia y operatividad.

En el presente estudio, se explorará cómo estas herramientas pueden ayudar a las agencias aduaneras a superar sus desafíos, incrementar la eficiencia, mejorar la calidad de los servicios y garantizar el cumplimiento de las regulaciones, siendo fundamentales para el éxito en el comercio internacional.

En el mundo globalizado de hoy, la logística se ha convertido en un factor clave para facilitar el comercio in-

ternacional y un actor importante en el desarrollo económico. Para aumentar el rendimiento empresarial, los buenos resultados logísticos requieren un compromiso entre el requisito de reducir los niveles totales de inventario en la cadena de suministro y los plazos de entrega, al tiempo que se aprovechan las economías de escala y se aumenta el servicio al cliente [9].

El principal objetivo de la gestión logística es planificar, implementar y controlar el flujo y el almacenamiento de bienes, servicios e información entre los puntos de origen y los lugares de uso en las actividades de la cadena de suministro para satisfacer las necesidades de los clientes de forma rápida y eficiente.

La automatización se promueve como uno de los factores que han demostrado mejorar la competencia logística y, al mismo tiempo, reducir los costos operativos [10]. Como tal, las nuevas tecnologías adoptadas en los departamentos de aduanas han ayudado a hacer que el trabajo logístico sea más fácil y mejor en el proceso de mejorar la prestación del servicio.

La adopción de nuevas tecnologías se refiere a un conjunto de técnicas productivas que ofrecen una mejora significativa, ya sea medida en términos de aumento de la producción o ahorro de costos en comparación con la tecnología establecida para un proceso determinado en un contexto histórico específico [11]. En este estudio, el enfoque se centra en el uso de herramientas de ISW para lograr este cometido; para ello, se plantea la creación de un modelo de optimización mediante la aplicación de principios de uso de herramientas de ISW, con el fin de incrementar la productividad y disminuir los gastos operativos, eligiendo e implementando sistemas tecnológicos efectivos y estructurados. Además, se pretende identificar y analizar las variables logísticas relevantes para el estudio de los procesos logísticos de una agencia aduanal, con un enfoque en las herramientas de ISW, así como desarrollar un plan de evaluación de la optimización de los procesos logísticos, que incluya indicadores clave de rendimiento.

Por lo anterior, este estudio, supone que el desarrollo de un modelo de optimización de procesos logísticos, basado en herramientas de ingeniería de software, contribuirá de manera favorable a la gestión de las operaciones de una agencia aduanal internacional.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En [12] se define el diseño de investigación como “el proceso de establecer parámetros para la recopilación y el procesamiento de datos con el objetivo de incorporar la relevancia para los fines de la investigación”. El diseño de investigación, es el plan y la estructura de una investigación para responder a las preguntas de investigación [13].

El presente estudio que tiene como objetivo plantear la creación de un modelo de optimización mediante la aplicación de principios de uso de herramientas de ISW, con el fin de mejorar los procesos logísticos, eligiendo e implementando sistemas tecnológicos efectivos y estructurados sigue un diseño de investigación explicativo, el cual se centra en la relación entre causa y efecto y en las preocupaciones sobre cómo una variable afecta o es responsable de otra variable. Los proyectos de investigación explicativos van más allá de la descripción y tratan de explicar las causas del fenómeno.

Para lo anterior, en primer lugar, se limitarán las variables relacionadas con los procesos aduaneros y susceptibles de optimización a través de herramientas de ISW, como la gestión de inventario, el seguimiento de envíos, la gestión de documentos aduaneros, etc.

En segundo lugar, se utilizarán fuentes de datos específicas y disponibles para la agencia aduanal, como registros internos de la empresa, bases de datos existentes y sistemas de seguimiento de envíos.

En tercer lugar, se hará énfasis en un periodo de tiempo específico para evaluar la efectividad del modelo de optimización de procesos lógicos, de un aproximado de un año y medio.

Por último, las métricas para evaluar la efectividad del modelo de optimización se centrarán en indicadores clave de rendimiento específicos, como el tiempo de descarga, la precisión en la clasificación de productos, la eficiencia en el seguimiento de re-expedición, etc.

De acuerdo al modelo propuesto, y para observar resultados parciales del modelo propuesto, se utiliza la herramienta "Power BI", que consiste en un conjunto de herramientas de visualización y análisis de datos de negocios creada por Microsoft; la cual permite a las empresas conectarse a una variedad de fuentes de datos, transformar esos datos en información útil y visualizarlos de manera interactiva. Los informes y los paneles interactivos de Power BI ayudan a las empresas a la toma de decisiones y a comprender mejor sus datos.

El método de investigación que se emplea es la adaptación del modelo en cascada dentro del proceso de desarrollo de software. Siguiendo un orden específico de etapas de forma lineal, las cuales son: Preanálisis, Análisis, Diseño, Desarrollo, Pruebas, Implantación y Mantenimiento; estas fases suceden de manera secuencial y lineal, una detrás de la otra. De esta forma, cada fase debe completarse antes de poder avanzar a la siguiente, siguiendo un progreso paso a paso, como se presenta en la Figura 1 [14].

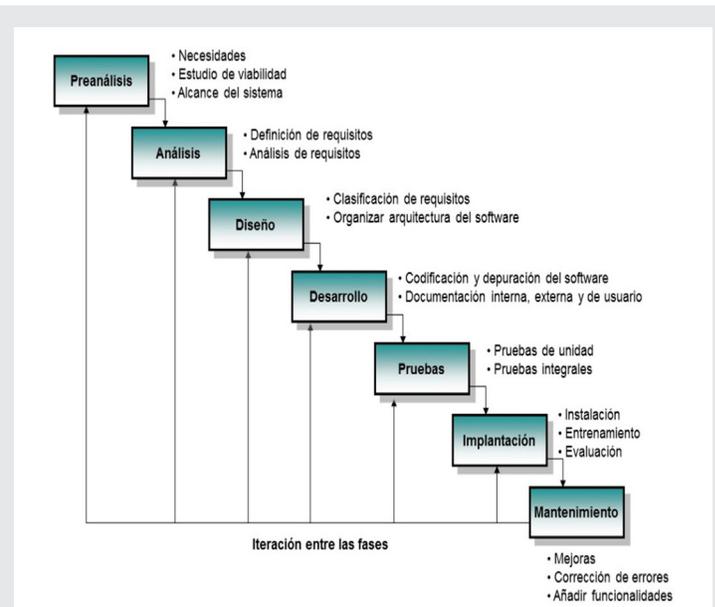


Figura 1. Modelo en Cascada.  
Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS

El modelo propuesto para la mejora de los procesos en la Agencia Aduanal se presenta en la Figura 2.



Figura 2. Modelo de optimización de procesos propuesto.  
Fuente: Elaboración propia.

Componentes del Modelo:

### 1. Análisis de Procesos Aduanales:

- **Mapeo de Procesos:** Utilización de herramientas BPMN (Business Process Model and Notation) de modelamiento y simulación de procesos que sirvan para documentar y analizar los procesos aduanales, identificando cuellos de botella, redundancias y oportunidades de mejora.
- **Análisis de la Legislación:** Desarrollo de un sistema experto o base de datos que contenga la legislación aduanera actualizada y permita a los stakeholders acceder rápidamente a la información relevante para cada trámite.
- **Análisis de Riesgos:** Implementación de herramientas de análisis de riesgos para identificar posibles problemas en los procesos aduanales, como demoras, errores en la documentación o incumplimiento de la normativa.

## 2. Diseño e Implementación de Soluciones:

- Sistema de Gestión Aduanal: Desarrollo de un sistema de gestión aduanal que automatice tareas como la clasificación arancelaria, el cálculo de impuestos y la generación de documentos.
- Plataforma de Comunicación: Creación de una plataforma online para facilitar la comunicación entre la agencia aduanal, los clientes y las autoridades aduaneras.
- Integración con Sistemas Externos: Integración del sistema de gestión aduanal con los sistemas de las autoridades aduaneras, los clientes y otros actores relevantes en el proceso logístico.

## 3. Monitoreo y Optimización Continua:

- Dashboards: Desarrollo de dashboards para visualizar KPIs, como el tiempo de despacho de mercancías, el costo de los trámites y el nivel de cumplimiento de la normativa.
- Business Intelligence: Implementación de herramientas de Business Intelligence para analizar datos históricos, identificar tendencias y patrones, y tomar decisiones informadas.
- Machine Learning: Utilizar algoritmos de Machine Learning para predecir la demanda de servicios aduanales, optimizar la asignación de recursos y mejorar la eficiencia de los procesos.

Se proporciona una visión detallada de cómo se han visto afectados los procesos, destacando cualquier mejora significativa y los desafíos identificados. Además, se analizan los indicadores clave de rendimiento que reflejan el impacto en la gestión de procesos en su conjunto. Se puede observar cómo la realización del modelo de optimización ha afectado directamente a la eficiencia en la realización de tareas logísticas.

### Calidad del software

Se exploran los resultados relacionados con la eficacia y eficiencia de los procesos logísticos de la agencia aduanal después de la realización del modelo de optimización basado en una de las herramientas de ISW Power BI. Que corresponde al Monitoreo y Optimización Continua, presentado en la Figura 2, mediante el cual se permite visualizar indicadores clave de rendimiento (KPI) y monitorear el desempeño del proceso. Este apartado proporciona una visión detallada de cómo se han visto afectados los procesos, destacando cualquier mejora significativa y los desafíos identificados. Además, se analizan los indicadores clave de rendimiento que reflejan el impacto en la gestión de procesos en su conjunto.

En el análisis de la imagen de la plataforma Excel y la de Power Bi, que corresponden a la Figura 3 y 4, los resultados revelan aspectos clave. La tendencia hacia la adquisición de modelos más grandes y eficientes en términos de unidades indica una búsqueda de soluciones que satisfagan las necesidades sin que tengan que adquirir múltiples dispositivos. La distribución mayoritaria de modelos con tonelaje completo sugiere una preferencia por soluciones

que garantizan una distribución eficiente y económica de productos. En cuanto al tipo de unidad, la inclinación hacia modelos con tonelaje completo refuerza la búsqueda de eficiencia y economía por parte de empresas y consumidores.

Las visualizaciones ofrecen una visión clara de las áreas problemáticas, proporcionando una base sólida para implementar mejoras y optimizar la calidad general del software.

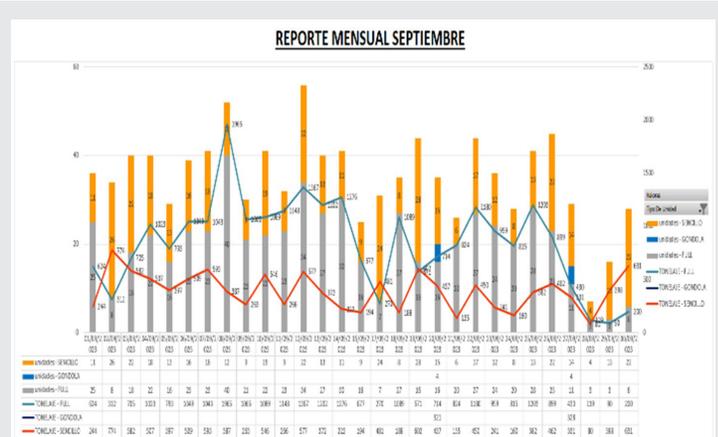


Figura 3. Reporte mensual del mes de septiembre en la herramienta "Microsoft Excel".

Fuente: Elaboración propia con herramienta de ISW.

### Precisión de los datos

Se centra en la confiabilidad de la información proporcionada por el software de optimización. Se comparan los resultados generados por el sistema con los datos de entrada esperados, y se analiza la discrepancia entre ellos. Esta sección proporciona información crítica sobre la calidad de los datos y su integridad, lo que tiene un impacto significativo en la toma de decisiones y la gestión de procesos.

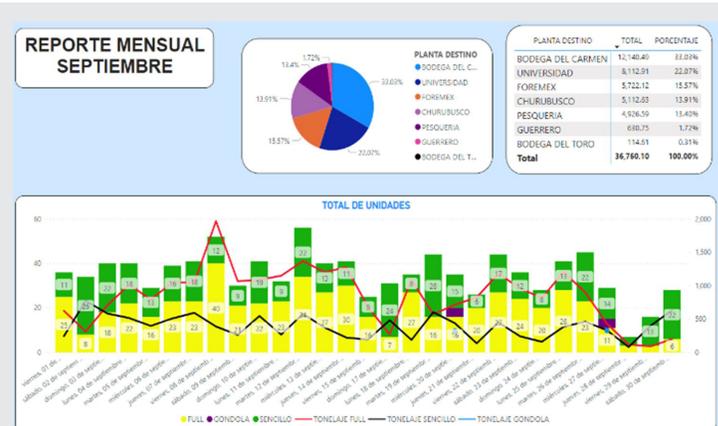


Figura 4. Reporte mensual del mes de septiembre en la herramienta "Power Bi".

Fuente: Elaboración propia con herramienta de ISW.

La documentación refleja una compilación crucial de información para la gestión eficiente de sus operaciones. La precisión de los datos en la documentación, como se



En términos de capacidad de carga, la reexpedición resultó exitosa, destacando la eficiencia del puerto de Altamira y Tampico en el manejo de este proceso.

### Satisfacción de Usuario

Se adentra en la percepción de los usuarios, tanto internos como externos, en relación con la usabilidad y utilidad del software de optimización. Aquí, se presentarán y analizarán los comentarios y retroalimentación recopilados de los usuarios, lo que proporcionará una profunda comprensión de su satisfacción. Se examina si el software ha cumplido con las expectativas y cómo esto influye en la satisfacción general.

El primer modelo de reexpedición (ver Figura 10), ofrecía una perspectiva general de las unidades diarias reexpedidas, mientras que el segundo más detallado con las unidades involucradas, proporcionando información específica sobre la distribución de unidades full y sencillas.



Figura 7. Primer modelo de la reexpedición del barco "MV ATLANTIC PRISM".

Fuente: Elaboración propia con herramienta de ISW.

La atención de estos detalles es fundamental para evaluar la eficiencia y el éxito de la reexpedición en términos de satisfacción del usuario, ya que la correcta distribución de unidades y el cumplimiento de la capacidad diaria pueden influir directamente en la experiencia general.



Figura 8. Segundo modelo más detallado de la reexpedición del barco "MV ATLANTIC PRISM".

Fuente: Elaboración propia con herramienta de ISW.

### CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación se ha dedicado de manera integral a explorar y abordar los desafíos asociados con la optimización de procesos logísticos en el ámbito de una agencia aduanal internacional, se destacó la complejidad para estos procesos, de manera relevante la necesidad de soluciones eficientes y adaptativas.

Se enfocó en identificar y resolver los retos relacionados con la mejora de los procesos logísticos dentro de las agencias aduanales, relevando la necesidad de soluciones eficientes y adaptativas. Utilizando las herramientas de ingeniería de software para modernizar los procesos logísticos de las agencias aduaneras representa una estrategia esencial para avanzar en la eficiencia, exactitud en la información y experiencia del cliente, mientras se contabiliza una reducción en los gastos operativos y se resuelven los problemas logísticos asociados con las transacciones internacionales y las normativas aplicables.

La aplicación en base a las herramientas de ingeniería de software, tomó un enfoque estratégico para mejorar la eficiencia y la calidad en la gestión de operaciones aduanales.

La recopilación y el análisis de los datos, que fueron respaldados por la metodología seleccionada, proporcionaron una comprensión profunda de los factores que influyen en los procesos logísticos, permitiendo identificar áreas de mejora.

Se resaltó la importancia de considerar la calidad de software, la precisión de los datos, la eficiencia del software y la satisfacción del usuario como variables críticas en la evaluación del modelo de optimización, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones informadas en el ámbito de la agencia aduanal.

### Recomendaciones

En base a los resultados y aprendizajes derivados de este estudio sobre la optimización de procesos logísticos en una agencia aduanal internacional mediante herramientas de ingeniería de software, se formulan las siguientes recomendaciones, para una gestión logística eficiente y alineada con las demandas del comercio internacional.

a) Implementación Gradual: Se sugiere que la implementación de herramientas de ingeniería de software se realiza de manera sucesiva y continua, comenzando por áreas específicas de la agencia aduanal, permitiendo una adaptación progresiva y una evaluación continua de los impactos.

b) Capacitación Continua: Dada la naturaleza tecnológica de las herramientas de ingeniería de software, se recomienda un programa continuo de capacitación para el personal de la agencia. Esto asegurará un aprovechamiento óptimo de las herramientas y facilitará la adopción de nuevas prácticas.

c) Monitoreo de Indicadores: La agencia aduanal debe establecer un sistema de monitoreo constante de los indicadores clave de rendimiento identificados durante la investigación. Este seguimiento permitirá evaluar de manera efectiva el impacto de las mejoras implementadas.

d) Adaptabilidad y actualización: Dado el entorno dinámico del comercio internacional, se recomienda que la agencia aduanal mantenga una postura de adaptabilidad y esté abierta a actualizar sus herramientas de software de acuerdo con las evoluciones tecnológicas.

e) Comunicación Eficaz: Fomentar un canal de retroalimentación abierto con los stakeholders de la agencia aduanal, que permitan una comunicación eficiente entre la agencia aduanal, los clientes y las autoridades aduaneras.

f) Digitalización de Documentos: Implementar un sistema de gestión documental para digitalizar y almacenar la documentación aduanera, facilitando su acceso y reduciendo el uso de papel.

g) Automatización de Tareas: Automatizar tareas repetitivas, como la captura de datos, la generación de informes y el envío de notificaciones.

h) Gestión de Riesgos: Implementar un sistema de gestión de riesgos para identificar, evaluar y mitigar los riesgos asociados a los procesos aduanales.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] Real, Óscar Bernardo Reyes. *Manual de derecho aduanero*. Oxford University Press, 2015.

[2] Heilig, L.; Vob, S. *Inter-terminal transportation: An annotated bibliography and research agenda*. *Flex. Serv. Manuf. J.* 2017, 29, 35-63.

[3] Meersman, H.; van de Voorde, E.; Vanelslender, T. *Port competitiveness now and in the future: What are the issues and challenges?* *Res. Transp. Bus. Manag.* 2016, 19, 1-3.

[4] Lee, P.T.-W.; Kwon, O.K.; Ruan, X. *Sustainability challenges in maritime transport and logistics industry and its way ahead*. *Sustainability* 2019, 11, 1331.

[5] Yang, Yanming, et al. *A survey on deep learning for software engineering*. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 2022, vol. 54, no 10s, p. 1-73.

[6] Vera-Baquero, A.; Colomo-Palacios, R.; Molloy, O. *Real-time business activity monitoring and analysis of process performance on big-data domains*. *Telemat. Inform.* 2016, 33, 793-807.

[7] Bozic, K.; Dimovski, V. *Business intelligence and analytics for value creation: The role of absorptive capacity*. *Int. J. Inf. Manag.* 2019, 46, 93-103.

[8] Larson, D.; Chang, V. *A review and future direction of agile, business intelligence, analytics and data science*. *Int. J. Inf. Manag.* 2016, 36, 700-710.

[9] Sahay, B. S., & Mohan, R. *3PL practices: an Indian perspective*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(9), 666-689. 2006.

[10] Gudehus, T., & Kotzab, H. *Planning and scheduling production systems from a logistics perspective*. *Logistics Research*, 1, 163-172. 2009.

[11] Adams, E., Goodale, W., Burns, S., Dorr, C., Duron, M., Gilbert, A., ... & Robinson, M. *Stereo-Optic High-Definition Imaging: A New Technology to Understand Bird and Bat Avoidance of Wind Turbines (No. DOE-BRI072117)*. *Biodiversity Research Institute*. 2017.

[12] Kothari, C. R. *Research methodology: Methods and techniques*. *New Age International*. 2004.

[13] Cooper, D., & Schindler, P. (2008). *Business Research Methods (10th ed.)*. New York, NY: McGraw Hill. 2008.

[14] Pargaonkar, Shravan. *A Comprehensive Research Analysis of Software Development Life Cycle (SDLC) Agile & Waterfall Model Advantages, Disadvantages, and Application Suitability in Software Quality Engineering*. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 2023, vol. 13, no 08, p. 345-358