

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MANUFACTURA

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA



**“PLATAFORMA DIGITAL GUÍA PARA EL DISEÑO DE
PROYECTOS MECATRÓNICOS BASADA EN LA
METODOLOGÍA MODELO V-CUADRANTE”**

PROYECTO DE TECNOLOGÍA PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA

PRESENTA

ING. DANIELA ORALIA ROCHA MORELOS

“Becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología”

Bajo la dirección del

DRA. VIANEY TORRES-ARGÜELLES

Co. Directores

DR. ANGEL ISRAEL SOTO MARRUFO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por recibirme con los brazos abiertos, gracias por creer en mis capacidades y por las oportunidades brindadas a lo largo de este recorrido. Gracias a mi familia por apoyarme en cada uno de los pasos recorridos y guiarme cuando no encontraba una salida clara. A mis padres Luz Elena Morelos y Omar Rocha por ser unos excelentes padres y ejemplos de vida.

Gracias a la Doctora Vianey Torres Argüelles por confiar en mi y permitirme la oportunidad de continuar con mi proyecto, por todos los consejos brindados y retroalimentación a pesar de su agenda tan apretada, al Doctor Israel Soto por su apoyo y consejos, y al Doctor Delfino Cornejo Monroy por estar al pendiente de sus estudiantes de Maestría en Tecnología. A todos los profesores, amigos y compañeros de clases por permitirme coincidir y lograr un contexto de desarrollo ameno y enriquecedor. A mis alumnos por la paciencia y cariño. Gracias a Dios por ponerme en este proyecto de vida la oportunidad de conocer y crecer en todos los aspectos de mi vida: Personal, Profesional y Académica.

Y Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para poder continuar mis estudios, además de apoyarme en la participación de un congreso en La Habana, Cuba.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi más grande apoyo a lo largo de mi vida, su dedicación y amor me han formado y han sido un pilar para seguir adelante, muchos de mis logros se los debo a ustedes, gracias por motivarme día a día, demostrando que cuentan con una capacidad sobrehumana para poder darnos todo a mis hermanos, tios y abuelos, espero algún día ser como ustedes, los amo y admiro. A mi pequeño sobrino Fabrizio, por ser un niño precioso y ayudarme a ver la vida de una manera diferente dándome motivos para luchar y salir adelante.

A mis amigos, profesores y alumnos por permitirme aprender más de la vida a su lado. Esto es posible gracias a ustedes.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	14
1.1	Antecedentes.....	14
1.2	Planteamiento del Problema.....	17
1.3	Objetivo.....	18
1.3.1	Objetivos específicos.....	18
1.4	Hipótesis General.....	19
1.5	Justificación.....	19
1.6	Alcance y Delimitación.....	19
1.6.1	Alcance.....	19
1.6.2	Delimitación.....	20
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
2.1	Metodologías para desarrollo de proyectos mecatrónico.....	21
2.2	Plataformas Digitales.....	30
2.2.1	Web Responsive.....	31
2.2.2	La web: HTML, CSS y JS.....	33
2.2.3	Visual Studio.....	36
2.2.4	Visual Studio Code.....	36
2.2.5	Base de datos SQL Server.....	37

2.3	Encuesta de satisfacción	38
2.4	Validación por Expertos	41
3.	METODOLOGÍA	45
3.1	Materiales	45
3.2	Método	46
3.2.1	Identificación y selección de categorías y subcategorías de la metodología de diseño mecatrónico.....	47
3.2.2	Diseño piloto de la metodología V-Cuadrante	48
3.2.3	Desarrollo de la plataforma digital con las características definidas en la metodología V-Cuadrante	51
3.2.4	Diseño de encuestas de satisfacción para evaluar la utilidad de la plataforma digital.....	54
3.2.5	Validación de expertos	60
3.2.6	Análisis de los datos para determinar la utilidad de la plataforma	62
3.2.7	Retroalimentación de los resultados.....	63
4.	RESULTADOS	64
4.1	Identificación y selección de categorías y subcategorías de la metodología de diseño mecatrónico	64
4.1.1	Especificación del Proyecto	64
4.1.2	Modelado y Análisis	67

4.1.3	Integración del Sistema y Verificación	67
4.2	Diseño piloto de la metodología V-Cuadrante.....	70
4.2.1	Especificación del Proyecto	71
4.2.2	Modelado y Análisis	76
4.2.3	Integración del Sistema y Verificación	79
4.3	Diseño de la plataforma digital con las características definidas en la metodología V-Cuadrante	84
4.3.1	Análisis	84
4.3.2	Planificación.....	85
4.3.3	Modelado	86
4.3.4	Implementación.....	94
4.3.5	Revisión y pruebas.....	98
4.4	Validación de expertos	99
4.4.1	Utilidad de la plataforma digital	101
4.4.2	Utilidad de la Guía de Uso	103
4.4.3	Utilidad de Metodología V-Cuadrante.....	104
4.5	Análisis de resultados.....	114
4.5.1	Análisis de resultados cuantitativos.....	114
4.5.2	Análisis de datos cualitativos.....	116
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118

6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
7.	ANEXOS.....	130
	Anexo A. Preguntas de la encuesta de satisfacción	131
	Anexo B. Guía de Uso de la Plataforma.....	134
	Anexo C. Manual Metodología V-Cuadrante	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método propuesto. Fuente: esta investigación.....	46
Figura 2. Integración Horizontal (HI) e Integración Vertical (VI) de mecatrónica. Fuente: (Wang et al., 2009) traducido al español	50
Figura 3. Esquema general de los componentes del diseño piloto metodología V- Cuadrante.....	51
Figura 4. Ciclo de vida SWIRL. Fuente: (Molina Ríos & Pedreira-Souto, 2019).	52
Figura 5. Esquema resumen de los pasos descritos en la encuesta de satisfacción.	54
Figura 6. Modelo V-Cuadrante para el diseño de proyectos mecatrónicos. Fuente: elaboración propia.	71
Figura 7. Diseño de capas utilizado en la plataforma digital. Fuente: Elaboración Propia.	87
Figura 8. Diseño y enlaces navegacionales del usuario. Fuente: Elaboración Propia.	88
Figura 9. Diagrama de flujo de login y registro del usuario. Fuente: Elaboración Propia.	89
Figura 10. Diagrama de flujo de crear nuevo proyecto. Fuente: Elaboración Propia	90
Figura 11. Diagrama de proceso para desarrollar el proyecto. Fuente: Elaboración Propia.	91

Figura 12. Diagrama del flujo del desarrollo del proyecto mecatrónico siguiendo la Metodología V-Cuadrante. Fuente: Elaboración Propia.	92
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso para guardar proyectos en carpetas en la plataforma digital. Fuente: Elaboración Propia.	93
Figura 14. Diagrama de flujo para agregar miembros al proyecto en la plataforma digital. Fuente: Elaboración Propia.	94
Figura 15. Página principal de la plataforma digital. Fuente: Esta investigación.	95
Figura 16. Página de inicio de la plataforma digital. Fuente: Esta investigación.	95
Figura 17. Página de “Mis proyectos” de la plataforma digital. Fuente: Esta investigación.	96
Figura 18. Ventana emergente “Agregar a Carpeta” del menú mis proyectos. Fuente: Esta investigación.	97
Figura 19. Ventana emergente del botón “Compartir” donde se permite agregar miembros al proyecto seleccionado. Fuente: Esta investigación.	98
Figura 20. Alfa de Cronbach. Fuente: Minitab.	100
Figura 21. Porcentaje de Utilidad de la Plataforma Digital para el Diseño de Proyectos Mecatrónicos. Fuente: Esta investigación.	115
Figura 22. Porcentaje de acuerdo con la utilidad de la caja de herramientas. Fuente: esta investigación.	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodologías de diseño mecatrónico. Fuente: Investigación propia	23
Tabla 2. Preguntas asignadas en cada sección de la encuesta de satisfacción. Fuente: Esta investigación.....	56
Tabla 3. Subcategorías seleccionadas en disciplinas. Fuente: Esta investigación..	64
Tabla 4. Subcategorías seleccionadas en herramientas. Fuente: Esta investigación.	65
Tabla 5. Subcategorías e ítems seleccionados en el modelo funcional. Fuente: Esta investigación.....	65
Tabla 6. Subcategorías e ítems seleccionados en el diseño conceptual. Fuente: Esta investigación.....	66
Tabla 7. Subcategorías seleccionadas en detalles del diseño. Fuente: Esta investigación.....	66
Tabla 8. Subcategorías seleccionadas en modelado. Fuente: Esta investigación ..	67
Tabla 9. Subcategorías seleccionadas en simulación. Fuente: Esta investigación .	67
Tabla 10. Subcategorías seleccionadas en bloques. Fuente: Esta investigación....	68
Tabla 11. Subcategorías seleccionadas en proceso. Fuente: Esta investigación ...	68
Tabla 12. Subcategorías seleccionadas en pruebas de componentes. Fuente: Esta investigación.....	68
Tabla 13. Subcategorías seleccionadas en pruebas del sistema. Fuente: Esta investigación.....	69
Tabla 14. Subcategorías seleccionadas en pruebas de aceptación. Fuente: Esta investigación.....	69

Tabla 15. Actividades de la fase de análisis. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 16. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar la utilidad de la plataforma digital en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.	101
Tabla 17. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar la utilidad de la guía de uso en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.	103
Tabla 18. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar el atributo de Funcionalidad para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.	105
Tabla 19. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar el atributo de Estructura de la Fase 1: Especificación del proyecto para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.	107
Tabla 20. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar el atributo de Estructura de la Fase 2: Modelado y Análisis para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.	110
Tabla 21. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar el atributo de Estructura de la Fase 3: Integración del Sistema y Verificación para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de.....	111

Tabla 22. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando el promedio obtenido en la Funcionalidad y los tres promedios obtenidos de la Estructura para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción 113

Tabla 23. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando el promedio obtenido en la Funcionalidad y Estructura para calcular la utilidad de la plataforma digital..... 114

Tabla 24. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando su porcentaje en la Escala de Likert de la Encuesta de Satisfacción. Fuente: Esta investigación 115

RESUMEN

El presente proyecto tecnológico tiene como objetivo el desarrollo de una plataforma digital para el diseño de proyectos mecatrónicos basada en la metodología V-Cuadrante que facilite usuario desarrollador de proyectos mecatrónicos la gestión, el almacenamiento, el control y la retroalimentación de la información en el desarrollo de sus proyectos.

Para lograr lo anterior se realizó una revisión de literatura sobre metodologías existentes para el desarrollo de proyectos mecatrónicos, así como el análisis de diversos documentos para la recolección de información relevante de las metodologías existentes, las cuales, ayudaron a comprender y enriquecer el estudio que se presenta, proponiendo una combinación de dos metodologías utilizadas con frecuencia en el desarrollo de este tipo de proyectos se realizó el desarrollo de una plataforma digital con las características analizadas y por medio de una encuesta de satisfacción contestada por expertos en el desarrollo de este tipo de proyectos se utilizó para determinar la utilidad de la plataforma digital en su fase inicial.

De acuerdo con los resultados de la encuesta de satisfacción se obtiene un 83.6% de utilidad en que la integración de la metodología V-cuadrante para el diseño mecatrónico y una plataforma digital que incluye un módulo de seguimiento y retroalimentación aumenta la precisión y disminuye los errores en el proceso de diseño.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Por definición la Mecatrónica es una disciplina que integra de forma sinérgica diversas áreas de conocimiento, entre las que destacan la Mecánica, Eléctrica, Programación y el Control (Bishop, 2008). Tiene como objetivo desarrollar o mejorar productos y procesos en términos de la automatización y la eficiencia de su desempeño (De Silva & Behbahani, 2013).

El desarrollo de esta área del conocimiento incluye el diseño tanto de productos como de componentes y sistemas para los procesos o la oferta de servicios (Chen et al., 2014). Un factor clave en la filosofía de la mecatrónica, en relación con el desarrollo de productos, proceso o servicios, es que todos los componentes tienen el mismo grado de importancia. Además, que determina la interrelación entre cada subsistema y componentes de los sistemas de interés alcanzando así la integración para lo cual se basa en diferentes procesos, entre los que destaca el diseño mecatrónico (Peñuelas Rivas, 2007).

El diseño mecatrónico por definición es un proceso que incluye la evaluación, integración, optimización de un sistema, sus subsistemas y componentes (Mlambo et al., 2018). Por lo tanto, en el proceso de diseño mecatrónico se deben considerar las diferentes etapas de diseño, que van desde el modelado, hasta la prueba, el análisis y la evaluación de sus propiedades; por ejemplo: la deflexión, dinámica, función de

transferencia, acción de referencia de un bucle de control de los sistemas mecatrónicos, su demanda de energía, complejidad de su fabricación, montaje de operación y manipulación de los artículos (Jovanovic et al., 2014). Estas propiedades muestran que el diseño mecatrónico está integrado con diversas áreas de conocimiento como industrial y manufactura, donde se busca satisfacer necesidades específicas, tales como: (1) técnicas de diseño funcional, (2) métodos de modelado y simulación y (3) experiencia en gestión de proyectos y (4) trabajos en equipo (Yu et al., 2013). Esto significa que el diseño mecatrónico propone un proceso integrado para la optimización de los sistemas mecánicos y de control, incorporando componentes electrónicos para cumplir con las especificaciones básicas como el rendimiento, la flexibilidad, reducción de costos y la calidad, entre otras (Bishop, 2008).

En este sentido Salem (2013), afirma que el éxito de proyectos mecatrónicos depende de su diseño, específicamente de la metodología de diseño aplicada la cual contiene una serie de pasos estructurados basados en un método sistemático. Este proceso ofrece una guía que ayuda a identificar áreas y disciplinas del conocimiento involucradas y a seleccionar desde los procedimientos más adecuados, métodos eficientes hasta las herramientas de fácil uso; lo cual permite una mayor precisión en el proceso de diseño. Esto significa que orientan la manera en la que se realiza un proyecto y define la forma en la que se recolectan, analizan y clasifican los datos con el objetivo de lograr resultados pertinentes y válidos, cumpliendo con los estándares de exigencia científica.

Con el fin de gestionar la complejidad y heterogeneidad de los diseños mecatrónicos, se han desarrollado diversas metodologías de diseño reportadas en la literatura cuyo objetivo principal es buscar con diversos estándares, entre las que destacan las metodologías propuestas por Chen et al. (2012), Wang et al. (2012) y Rodríguez et al. (2015); quienes proponen metodologías orientadas al diseño. Las cuales enfatizan los enlaces y las relaciones entre la teoría y la práctica basado en proyectos.

Algunas de las buenas prácticas de estos métodos son el planteamiento de los problemas, enfocados a la enseñanza, es decir, su fin es propiciar el crecimiento tanto personal como profesional de los estudiantes y preparar a los alumnos en el área del conocimiento en el que se pretenden desempeñarse, desarrollando habilidades y autonomía de aprendizaje, así como el uso de tecnologías digitales de los procesos tecnológicos actuales.

Por otro lado, Kozák (2016) y Yu et al. (2013) utilizan el modelo V para el desarrollo de software, pero se adapta a los requisitos de la mecatrónica, y busca establecer un proceso para describir las principales características físicas y lógicas de funcionamiento del producto. La base del modelo verifica las subfunciones y prueba los subsistemas a través del modelado y el análisis de modelos en ingeniería mecánica, eléctrica y de programación. En caso de que el rendimiento del sistema integrado no sea el adecuado, la fase de entrada puede repetirse; pero, en el caso de lograr la funcionalidad entonces se avanza al lado derecho. Esta sección es

conocida como la implementación, integrando las subfunciones verificadas y los subsistemas probados, al finalizar las validaciones del proceso se obtiene el producto deseado. Una de las desventajas de la metodología basada en proyectos es que requiere del apoyo, ya sea de un maestro que enseñe como hacerlo o del apoyo de un diseñador más experimentado. Además, requiere el desarrollo de la habilidad para la investigación para el desempeño laboral industrial, que en ocasiones es difícil de conseguir en las instituciones de educación, la mayoría de las metodologías se establecen directamente con los proyectos mecatrónicos desarrollados y que al reportarlos no detallan completamente cada uno de los pasos o etapas llevadas a cabo, lo que dificulta desarrollar un proyecto nuevo siguiendo la metodología propuesta por otros autores.

1.2 Planteamiento del Problema

El desarrollo tecnológico y la competencia requieren que los diseños mecatrónicos de nuevos productos, procesos y sistemas sean rápidos y precisos, sin embargo, al desarrollar un proyecto mecatrónico no siempre se tiene el éxito esperado. Algunos de los factores de influencia son el contexto no apropiado para el desarrollo, un análisis deficiente, no tomar en cuenta las alternativas existentes, así como imprevistos que se presentan durante el desarrollo de proyecto y que no se consideran para reevaluar el proyecto, o bien, sucede que al intentar replicar un proyecto con resultados reportados como satisfactorios se obtienen resultados negativos y esto puede deberse a la falta de la documentación del proceso reportado,

lo que representa un factor limitante para la capacidad de retroalimentación de defectos del proyecto, es decir, no existe una metodología general que pueda aplicarse a proyectos de distinta naturaleza.

1.3 Objetivo

Diseñar una plataforma digital que integre la metodología de diseño mecatrónico V-Cuadrante para la gestión, almacenamiento, control y retroalimentación de la información en el desarrollo de proyectos mecatrónicos.

1.3.1 Objetivos específicos

- Realizar una revisión de literatura de las metodologías existentes para el desarrollo de proyectos mecatrónicos.
- Identificar los parámetros que deben integrar una metodología de diseño mecatrónico.
- Seleccionar las categorías y subcategorías que sean las viables para el desarrollo del proyecto utilizando una revisión sistemática.
- Diseñar la metodología base de la plataforma digital.
- Validar el contenido de la metodología a través de juicio de expertos.
- Desarrollar la plataforma digital.
- Validar la plataforma digital por medio de la encuesta de satisfacción.

1.4 Hipótesis General

La integración de la metodología V-cuadrante para el diseño mecatrónico y una plataforma digital que incluye un módulo de seguimiento y retroalimentación aumenta la precisión y disminuye los errores en el proceso de diseño.

1.5 Justificación

El propósito de tener una metodología que permita desarrollar dispositivos mecatrónicos ayuda a reducir los tiempos, costos y desperdicios que se pueden generar en la fase de diseño e implantación, además, permite tener un orden de actividades en un proyecto integral, una correcta visualización de la dirección de un proyecto y el proceso de aprendizaje obtenido. Esto conlleva procesos de innovación y desarrollos tecnológicos rápidos y eficientes. Lo que impacta en la sociedad, la cual, actualmente se desarrolló en torno a la tecnología, lo que a su vez implica la necesidad de facilitar los procesos de diseño y documentación, para lo cual se requiere de la visualización del avance y la retroalimentación.

1.6 Alcance y Delimitación

1.6.1 Alcance

- Es posible usar la plataforma en cualquier dispositivo electrónico con acceso a internet.

- La plataforma puede ejecutarse desde cualquier navegador compatible con las tecnologías HTML5 y Java Script.
- La plataforma permite la visualización de la información solo a los miembros que han sido invitados a participar en el proyecto.
- La plataforma digital está desarrollada específicamente para el diseño de proyectos mecatrónicos.

1.6.2 Delimitación

- La plataforma requiere autenticación del usuario para acceder a los datos de progreso del proyecto.
- El usuario debe de registrarse para poder desarrollar su diseño.
- Se debe evaluar previamente si el diseño tiene los componentes necesarios para ser llamado mecatrónico.
- Considera solo la metodología V-Cuadrante para el diseño mecatrónico.
- Actualmente la plataforma solo se maneja en español.
- El prototipo se ejecutará para validar su correcto funcionamiento sobre un ambiente de pruebas.
- El prototipo de la plataforma se ejecutará y estará disponible para el número de usuarios que estarán validando su funcionamiento y diseño.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Metodologías para desarrollo de proyectos mecatrónico

En la literatura se reportan diversas metodologías para el diseño mecatrónico. En la Tabla 1 se enlistan las metodologías, y sus componentes encontrados en la literatura reportados en los últimos 10 años. Como se puede observar, dichas metodologías tienen diversas variantes tanto en sus características como en sus aplicaciones, el uso de modulaciones para visualizar el desempeño de las integraciones, el manejo de nuevas tecnologías de la información en el diseño de sistemas mecatrónicos, la relación entre los enlaces, teoría y práctica, la filosofía de proyectos enfocados a la enseñanza PBL (por sus siglas en inglés) la jerarquización, la separación de componentes y sus procesos iterativos, los requerimientos administrativos y su manera de adaptación de manera endógena con respecto a las influencias cambiantes, además la creciente complejidad en el desarrollo de productos, la especialización diversa de los trabajadores y el tiempo de entrega cada vez más reducidos son factores clave para las empresas industriales (Graessler, et al., 2018) actividades que se deben considerar para el desarrollo de este tipo de diseños mecatrónicos.

Algunas de las metodologías para diseños mecatrónicos, son por ejemplo las reportadas por Takemura et al., (2008) quienes plantean un diseño mecatrónico para el funcionamiento de un robot móvil provisto de inteligencia artificial, para lo cual aplicaron el concepto de ingeniería concurrente, que consiste en dividir el grupo en

dos equipos con el fin de realizar el proyecto de manera modular proponiendo un nuevo diseño integrando conceptos como omnidireccionalidad, maniobrabilidad y modularidad logrando así, un prototipo con funcionalidad exitosa. Por su parte Wang et al., (2012) y sus colaboradores utilizaron la metodología PBL, dicha metodología enfatiza los enlaces y las relaciones de mapeo entre las teorías de la enseñanza y la enseñanza práctica en diferentes proyectos mecatrónicos. Así mismo, Rodríguez et al., (2015) usaron la misma metodología pero aplicada a proyectos aeroespaciales. Mientras que Liliana & Florina, (2015) utilizaron de la estrategia europea 2014-2020 que consiste en establecer un análisis de componentes principales para el desarrollo de productos mecatrónicos con lo cual se busca establecer una conexión eficiente entre los componentes: educación, investigación e innovación. Así mismo, autores como Behbahani & De Silva, (2013) utilizan metodologías basadas en enfoque MDQ (por sus siglas en inglés), aplicación del cociente de diseño mecatrónico encargado de establecer un orden jerárquico por capas en el diseño topológico y paramétrico estructurado. Por otro lado, es posible apreciar metodologías como la de Yu et al., (2013) donde desarrollan una propuesta que busca una integración de varias áreas como diseño, simulación e implementación física en productos o sistemas mecatrónicos. El modelo V, publicado para la aplicación de software por Bröhl tiene los objetivos de minimizar los riesgos del proyecto, mejorar y garantizar calidad, reducir costos y mejora de comunicación (Graessler y Hentze, 2020), enfatizando tres razones por las que una metodología de diseño puede ser adoptada para la mecatrónica: (1) ilustra el enfoque descendente (diseño de sistemas: división de subfunciones) y el parte ascendente (integración de sistema: integración de

resultados al sistema total), (2) permite señalar la necesidad de verificación y/o validación permanente entre los requisitos o las subfunciones especificadas) y el sistema actual, (3) es utilizado por la industria en el contexto de la mecatrónica dado que ayuda a aumentar la aceptación de la metodología. También es posible encontrar autores como Hackenberg et al., (2014) que utilizan modelos multidisciplinarios para la gestión de requisitos en la ingeniería de sistemas mecatrónicos, programas originalmente desarrollados en programas y sistemas embebidos, o bien, utilizando una mezcla de las metodologías previamente mencionadas, un ejemplo es Rodríguez et al., (2015) donde se utilizó las metodologías basadas en el aprendizaje de las experiencias en la ingeniería educativa, junto con la metodología basada en conocimiento describiendo actividades de innovación realizadas en el campo de educación.

Tabla 1. Metodologías de diseño mecatrónico. Fuente: Investigación propia

Metodología	Concepto	Ideas Principales de la Metodología
Metodología Cuadrante (Wang et al., 2009)	<p>Establecer un laboratorio desarrollado con la finalidad de preparar a los estudiantes con las problemáticas que tienen las industrias.</p> <p>Emplearon una metodología de cuadrantes con las demandas que debe cumplir los estudiantes mecatrónicos donde la palabra clave es integración.</p>	<p>IA-Disciplinas Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Hidráulica, Programación, Teoría de Control, entre otras.</p> <p>IIA-Proceso Diseño, Modelado, Análisis, Simulación, Manufactura, Prototipos, Pruebas, entre otras.</p> <p>IB-Herramientas CAD, CAE, CAM, PLM, FEA, UG NX, LabVIEW, Simulink, entre otras.</p> <p>IIB-Bloques</p>

		Sensores, Actuadores, Controladores, PLC, Sistemas Embebidos, Mecanismos, entre otros.
Uso de sistemas dinámicos jerárquicos para desarrollo de proyectos (Miatliuk et al., 2010)	Se consideró la base formal de la tecnología de la información propuesta, utilizando dispositivos con sistemas mecatrónicos como validación.	La tecnología de la información de los sistemas de diseño debe permitir la construcción de sistemas mecatrónicos seleccionando unidades de niveles inferiores resolviendo sus interacciones para optimizar la actividad de los sistemas a mayor nivel.
Metodología Enfocada a la Enseñanza (Chen et al., 2012)	Describen el funcionamiento de la metodología aplicada en la enseñanza mecatrónica en la universidad de Beihang.	La metodología se basa en una línea principal, dos enlaces y tres puntos prácticos, enfatizando los enlaces y las relaciones entre la teoría y la práctica, con un enfoque de enseñanza basado en proyectos.
Metodología Enfocada a las enseñanza en colaboración cercana con la industria (Wang et al., 2012)	Se habla de la filosofía Proyectos enfocados a la enseñanza por sus siglas en inglés PBL, su implementación en la educación de ingeniería en china.	PBL es orientada al diseño ocupando los conocimientos y problemas prácticos de construir y diseñar sobre la base de una síntesis de conocimiento de múltiples disciplinas con la finalidad de saber el por qué, uso del conocimiento relevante y análisis de la disciplina principal del cual deriva.
Aplicación basada en el cociente de diseño mecatrónico (MDQ) (Behbahani & de Silva, 2008)	Aplicación basada en el cociente de diseño mecatrónico por sus siglas en inglés (MDQ) para el diseño sistemático de un sistema mecatrónico.	Se justificó que un diseño mecatrónico podría ser jerárquicamente separado en el diseño topológico y diseño paramétrico y además estructurado en una jerarquía de varias capas. El acoplamiento dinámico entre varios componentes dicta que un diseño preciso requiere un enfoque integrado en lugar de diseñar los aspectos de diferentes dominios (mecánico, eléctrico, fluido y térmico) por separado y secuencialmente.
	Desarrollan una propuesta de metodología que busca la	

<p>Enfoque propuesto para la educación en diseño mecatrónico basado en una integración de metodología de diseño (Yu et al., 2013)</p>	<p>integración de varias áreas como diseño, simulación (la verificación del diseño) y las implementaciones físicas en el desarrollo de productos.</p>	<p>Esta metodología toma todos los componentes que influyen en la realización de los proyectos mecatrónicos y los integra cuando ambas partes están realizadas correctamente. Donde los componentes principales son: La especificación del proyecto, el modelo funcional, detalles del diseño y el prototipo físico se divide en Sistemas de integración.</p>
<p>Perspectivas sobre el modelado jerárquico en el diseño mecatrónico (Hehenberger, 2014)</p>	<p>Realizan una visión general de las técnicas de modelado jerárquico asegurando que el funcionamiento de esta metodología solo aplica a los modelos que tengan diferentes vistas de un sistema, así como varios grados de detalle.</p>	<p>Se divide de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño orientado a funciones, • Nivel de abstracción, • Modelo de la arquitectura, • Modelo basado en perspectiva, • Desarrollo diseño impulsado por la propiedad, • Resumen.
<p>Modelado multidisciplinar para la gestión de requisitos en la ingeniería de sistemas mecatrónicos (Hackenberg et al., 2014)</p>	<p>Modelo originalmente desarrollado para el desarrollo de programas y sistemas embebidos. Tiene como principio el modelo basado en el desarrollo y los requerimientos administrativos en sistemas mecatrónicos.</p>	<p>Divide el sistema en cuatro componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escenarios. Manera gráfica donde se asignan los componentes. • Funciones. Puede ser anexado en términos de estados de máquina. • Descomposición. Decide cual rama o área disciplinaria específica es necesaria. • Geometría. Pueden se dibujan las interfaces de materiales o la representación física de un componente.

<p>Metodología para la identificación de potenciales para la integración de la optimización en sistemas mecatrónicos (Anacker et al., 2014)</p>	<p>Menciona que los sistemas mecatrónicos futuros son sistemas con inteligencia parcial inherente por lo tanto es necesario desarrollar una metodología con auto optimización esta describe la capacidad de un sistema técnico para adaptar sus objetivos de manera endógena.</p>	<p>Se dividen en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelado del sistema. Se integra el contexto y la estructura activa • Análisis de fallas del sistema. Identifica el potencial de fallas • Identificación técnica se revisa reacción autónoma al entorno cambiante Adaptabilidad se definen las medidas preventivas y reactivas, permitiendo un análisis de la situación actual contra la final.
<p>Proceso de diseño mecatrónico con el modelo STEP, MHOC y PPO (Zheng et al., 2014)</p>	<p>Describe tres diferentes modelos (STEP, MHOC y PPO) de productos existentes para la creación y diseño de sistemas mecatrónicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • STEP metodología utilizada para establecer los requerimientos que tiene un producto en todo su ciclo de vida. • Modelo de producto central basado en dos principios en el objeto clave que representa la entidad de un producto y en los aspectos principales del sistema. • Metodología y Herramientas Orientado al Conocimiento. Apoya el despliegue de la aplicación de la Ingeniería basada en el conocimiento. • Producto-Proceso-Modelo. Aspectos importantes de la metodología; componente, interfaz, función y comportamiento.
<p>Metodología basada en el triángulo del conocimiento (Liliana & Florina, 2015)</p>	<p>Utilización de la estrategia europea 2020 para analizar los componentes que se establecen como componentes principales en el desarrollo de productos mecatrónicos.</p>	<p>Metodología basada en el triángulo del conocimiento; Educación, Investigación e Innovación. Estableciendo una conexión eficiente entre los tres lados del triángulo</p>

		contribuye a una fuerza de trabajo que puede incrementar en un futuro.
Metodología basada en el aprendizaje de las experiencias en el área de ingeniería educativa (Rodríguez et al., 2015)	Describe las actividades de innovación realizadas en el campo de la educación espacial en el año 2009-2010 en la Universidad Técnica de Madrid (UPM) donde utiliza la metodología basada en proyectos.	Enlistan los aspectos principales que debe considerar la metodología PBL: Los proyectos son centrales, se centran en preguntas o problemas, involucran a los estudiantes en una investigación constructiva, son impulsados por los estudiantes en algún grado significativo, son realistas y no escolares y con el enfoque principal que los ejemplos o actividades a realizar deben ser problemáticas reales en la industria.
Enfoque multidisciplinario y educación dual en ingeniería de control para mecatrónica (Kozák, 2016)	Definen el diseño mecatrónico como un proceso iterativo e integrado que incluyen diferentes tipos de dominio específico de ingeniería y para lograr el éxito establecen un modelo de integración de los componentes requeridos.	Utilizan el modelo V para distinguir los pasos que se requieren en el diseño y la integración del sistema mecatrónico donde dividen el sistema en que requerimientos deben cumplir y el cómo pueden conseguir los productos.
Metodología de diseño colaborativo de sistemas mecatrónico (Zheng et al., 2016)	Desarrollo de una interfaz multidisciplinaria usada durante el diseño colaborativo de sistemas mecatrónicos para ayudar a los diseñadores a lograr la mejor integración de la experiencia multidisciplinaria.	Desarrollo de una interfaz multidisciplinaria usada durante el diseño colaborativo de sistemas mecatrónicos para ayudar a los diseñadores a lograr la mejor integración de la experiencia multidisciplinaria.
Metodología de diseño basado en índices (Moulianitis et al., 2018)	Propone un índice mecatrónico para evaluar alternativas mecatrónicas enfocándose en la fase del diseño conceptual.	Desarrollo de una interfaz multidisciplinaria usada durante el diseño colaborativo de sistemas mecatrónicos para ayudar a los diseñadores a lograr la mejor integración de la experiencia multidisciplinaria.

A partir de las metodologías previamente analizadas es posible enfatizar cuatro aspectos indispensables a considerar para el desarrollo de proyectos con enfoque mecatrónico:

- Integración, los procedimientos tradicionales verifican las especificaciones al final de un ciclo de proceso a través del desarrollo de prototipos desarrollando así macro iteraciones donde se debe repetir un ciclo completo (Dohr & Vielhaber, 2012a).
- Estructura multidisciplinaria, para cumplir con los objetivos esperados es necesario tener disciplinas que estén estructuradas y conectadas entre sí en forma de red utilizando modelos, cooperando y compartiendo conocimientos e información relevante a los requerimientos del diseño (Graessler y Hentze, 2020).
- Uso de técnicas de modelado y simulación, el modelado y la simulación de los requisitos y sistemas establecidos es crucial para determinar si la solución propuesta es aceptable, las pruebas son suficientes, los materiales son correctos y si su diseño es aceptable para su fabricación y venta (Bishop, 2008).
- Prueba y prototipado, la validación del funcionamiento de los equipos puede desarrollarse de manera simulada o de manera física, en caso de validarse en ambos aspectos mejora los resultados establecidos y robustece el prototipo, este punto permite presentar productos tangibles y no tangibles,

materializando el modelo para pruebas y experimentación o para su réplica en un futuro (blanco-ortega et al., 2018).

Además de agregar categorías que en este contexto (Balfagih & Hassan, 2009) las describe de la siguiente manera:

- Cualidades del proyecto, son los objetivos que busca cumplir el proyecto, principios que permitan identificar el proyecto como único frente a lo existente.
- Propósito, definición de los requerimientos necesarios para lo cual el dispositivo será creado, identificar las consideraciones esenciales y representa la realidad de forma simplificada.
- Comprobabilidad, grado en que un sistema o servicio facilita el establecimiento de criterios de prueba y la realización de pruebas para determinar si los criterios se han cumplido o no.
- Modificabilidad, capacidad de hacer cambiar el servicio de forma rápida y rentable. Se puede hacer un cambio para actualizar el servicio o para corregir un error.
- Requerimientos del consumidor, se mencionan las cualidades que se debe cumplir el diseño mecatrónico para satisfacer las necesidades del cliente potencial.

2.2 Plataformas Digitales

Una plataforma digital es todo aquel sitio en internet que almacenan información de una empresa o una institución y a través de ella los usuarios pueden acceder a cuentas para obtener información detallada sobre la misma (Rodríguez, 2019). Para poder desarrollar este tipo de sitios se requiere conocimiento de programación, administración y manejo contenido audiovisual.

Estas herramientas permiten complejas estrategias con un equipo de trabajo reducido lo cual permite el desarrollo y el enfoque de la estrategia de realización de proyectos. Existe una infinidad de tipos de plataformas digitales, las cuales se desarrollan dependiendo del requerimiento sea requerido las principales existentes las menciona Giraldo (2019); las plataformas educativas, las cuales se enfocan en la educación a distancia e intenta simular las mismas experiencias de aprendizaje que encontramos en clase, las plataformas sociales también conocidas como redes sociales y la información utilizada es relacionada con la interacción social y las plataformas de comercio, las cuales gracias a estas es posible comprar diversos productos y servicios.

El diseño y desarrollo de sitios web asociados a cualquier actividad conlleva un planteamiento cuyas etapas es necesario definir para establecer las expectativas en cuanto a objetivos a cumplir, plazos de tiempo de realización y presupuestos (García López & Cabero Almenara, 2011).

El diseño web debe funcionar a partir de los objetivos del proyecto a desarrollar, además, debe proporcionar al usuario las herramientas necesarias para su correcto desempeño. Almonte (2017) describe el desarrollo de la plataforma digital con la siguiente estructura:

1. Requisitos técnicos, aspecto donde se permite desarrollar las posibilidades de interacción entre usuarios e interactividad con la plataforma, ancho de banda, accesibilidad y compatibilidad con los contenidos multimedia.
2. Organización de la información, donde se le entrega una guía para el uso de la plataforma al usuario que se registra por primera vez y no tiene un conocimiento previo de cómo utilizar la plataforma digital.
3. Registros de actividad, donde se registran las interacciones entre participante con otros usuarios que tienen acceso a su plataforma además permite tener un control de las evaluaciones realizadas y una trazabilidad de la navegación.
4. Herramientas de comunicación, estas son los elementos que permiten tener una comunicación síncrona y asíncrona, además de contar con áreas de información general.

2.2.1 Web Responsive

Debido a los nuevos sistemas operativos que surgen diariamente los navegadores requieren mayor interacción y mejor funcionamiento en dispositivos, grandes,

pequeños, de alta velocidad o con capacidades de navegación muy limitada (Kadlec, 2012). Se han propuesto muchas estrategias para abordar el diseño web, reportadas en la literatura Hassan & Fernández (2003), Hassan Montero (2006) y Saldarriaga Cano (2014).

El término *responsive*, en inglés, se refiere a aquello que es capaz de reaccionar frente a lo que le rodea, proporcionando una respuesta ajustada a la situación (Liberty, 2005) este tipo de programación tiene como objetivo principal tomar todo el contenido existente que está en la página y optimizarlo para el dispositivo que lo está observando (Spurlock, 2013). Miller (2011) menciona que para poder crear un diseño fluido independientes a la resolución de la pantalla y a prueba de futuro se requieren dos componentes importantes:

- Diseño fluido, utilizando una cuadrícula flexible, que a su vez garantiza que su sitio web pueda escalar al ancho completo del navegador, imágenes que funcionan en contexto flexible y sean fluidas o controladas a través de rangos de resolución.
- Consulta de medios, optimizan el diseño para diferentes contextos de visualización corrigiendo errores que ocurren en diferentes rangos de resolución.

Según Usobiaga (2019), define que el diseño *web responsive* se compone de una retícula flexible basada en porcentajes y conforme se realizan movimientos en la

pantalla el contenido se va dimensionando permitiendo reorganizar la estructura cuando no se tenga espacio suficiente. El sistema dentro de los requerimientos solicitados debe proporcionar a sus usuarios acceso al sistema de manera independiente de la plataforma o dispositivo que se use, por ejemplo, diseño web adaptable, cuyo fundamento se enmarca en el uso de un solo sitio web al entorno de navegación del usuario (Carrera et al., 2018).

Las ventajas de este tipo de programación son que facilita su uso, ya que cada vez más dispositivos buscan mejorar la experiencia del usuario, además, su fácil adaptabilidad en todas las pantallas, requiere menos mantenimiento, ya que tiene solo un diseño que puede funcionar en todo tipo de equipo y reduce la carga de trabajo y no requiere un nombre de dominio adicional, al usar web responsable sólo existe un sitio sin requerir hacer cambios (Jiang et al., 2014). Para conseguir una estructura que se adapte a los diferentes tipos de pantalla se utilizan anchuras basadas en porcentajes, dividiendo las ventanas del navegador entre columnas principales y secundarias para definir y redimensionar las ventanas de cada caso.

2.2.2 La web: HTML, CSS y JS

La web es un conjunto de información almacenada en una dirección determinada de internet, los tres pilares fundamentales de la misma son HTML, que da el contenido y la estructura, CCS que son las hojas de estilo la cual se encarga de la presentación y el aspecto visual y JavaScript, que es la capa de comportamiento.

➤ HTML es un lenguaje de marcado que se utiliza en el desarrollo de páginas de internet, las siglas corresponden a “HiperText Markup Language” por el desarrollo de sus iniciales en inglés, en este lenguaje se escribe su totalidad con elementos, también llamados etiquetas de texto, contenidos y atributos (Universidad de Panamá, 2018).

- Etiquetas de texto, estas permiten hacer dos actividades en las plataformas, las etiquetas que contienen fragmentos de texto (se utilizan para dar significado a estas palabras o fragmentos) y las etiquetas que agrupan conjunto de información (fragmentos de texto y/u otras etiquetas) (Manz, 2016).
- Contenido, en esta parte se permiten integrar imágenes y enlaces que permiten vincular a otras páginas o crear una navegación (Usobiaga, 2019).
- Atributos, son palabras especiales utilizadas dentro de la etiqueta de apertura de una indicación en HTML y permite controlar el comportamiento del elemento, son también llamados modificadores de tipos de elementos que exista en el HTML (Universidad de Panamá, 2018).

Los archivos HTML tienen la extensión html para que puedan ser visualizados por los navegadores web, la presentación de la página es muy dependiente del navegador web utilizado.

- CSS es un lenguaje que se designa el estilo de un HTML, define como debe ser presentado el elemento de HTML, mientras que los comandos del HTML le indican al navegador que ciertas partes son encabezados el CSS indica los aspectos como la fuente, tamaño, color o alineación que debe tener un elemento de la página.
- JavaScript es un lenguaje interpretado usado para múltiples propósitos, su uso general es para crear programas dentro de una página web para crear efectos e interactuar con los usuarios que utilizan las plataformas, además permite crear contenido de actualización dinámica, control de multimedia, animar imágenes.

El trabajo en conjunto de estas tres herramientas permite el desarrollo de entornos prácticos, interactivos, dinámicos aumentando los controles y comportamientos predeterminados de un navegador, adaptación a los diversos tamaños de pantalla y tipos de dispositivos y un sitio intuitivo y de fácil uso.

La estructura web es la organización y distribución de los elementos en determinada sección ubicado en el internet, repercutiendo en la navegabilidad y experiencia del usuario para el movimiento en estos entornos. Sánchez (2004) menciona que existen tres partes esenciales de este tipo de páginas: la cabecera, el cuerpo y el pie de página.

- La cabecera o *header* contiene la información básica y general de la plataforma, así como una descripción del funcionamiento de la página web.
- Cuerpo, es la sección donde se alberga el contenido de la página, siendo posible identificar rápidamente el contenido de la información.
- Pie de página o *footer*, incluye los elementos básicos de la información desarrollada en modo general.

2.2.3 Visual Studio

Es un software de programación el cual cuenta con un sinfín de herramientas y tecnologías para el desarrollo de diversos tipos de programas eficaces para la solución de cualquier tipo de problema a resolver, esta aplicación cuenta con un alto grado de rendimiento, entre las cuales se pueden crear aplicaciones en ASP.NET, Servicios Web XML, aplicaciones de escritorio, móviles, entre otras. Para el desarrollo de programas se deben utilizar herramientas adicionales con el fin de cumplir las expectativas esperadas en el proyecto.

2.2.4 Visual Studio Code

Es un editor de código fuente desarrollado por *Microsoft* para *Windows*, *Linux* y *MacOs*. Incluye soporte para la depuración, control integrado de Git, resaltado de sintaxis, finalización inteligente de código, fragmentos y refactorización de código, permite una personalización de entornos modificando el tema del editor, atajos del teclado y las preferencias (Microsoft, 2019). Los complementos que se crean

manualmente utilizando los asistentes de complementos de Visual Studio para generar complementos a partir de plantillas predefinidas. El asistente crea proyectos de complementos, que se pueden personalizar fácilmente para desarrollar complementos personalizados (Thangavel, 2013).

2.2.5 Base de datos SQL Server

Microsoft SQL Server es un sistema de gestión de base de datos relacional producido por Microsoft. Su principal lenguaje de consulta es Transact-SQL, una aplicación de las normas ANSI/ISO estándar Structured Query Language (SQL) utilizando por ambas Microsoft y Sybase (Thangavel, 2013).

El motor de base de datos es el servicio principal para almacenar, procesar y proteger los datos, proporcionando un acceso controlado y procesamiento rápido de transacciones para cumplir los requisitos de las aplicaciones de base de datos más exigentes (Gabillaud, 2015). Microsoft SQL Server constituye una alternativa de Microsoft a otros potentes sistemas gestores de bases de datos como lo son Oracle, Sybase Ase, PostgreSQL o MySQL, El sistema permite gestionar datos conservando su integridad y coherencia el SQL como menciona Gabillaud (2015) se encarga de:

- Almacenar datos.
- Verificar las restricciones de integridad definidas.

- Garantizar la coherencia de los datos que almacena, incluso en caso de error (parada repentina) del sistema.
- Asegura las relaciones entre los datos definidos por los usuarios.

Este sistema de gestión de datos permite la realización de una minería de datos, logrando la ejecución de datos en un entorno diseñado para la eficiencia de procedimientos y conectividad a sistemas más sofisticados, además de un análisis de la información recabada. Un sistema de base de datos relacional contiene uno o más objetos denominados tablas, los datos se almacenan en estas tablas y en cada una de ellas se identifica de forma columnas y filas, dentro de ellas se requiere tener relaciones para poder analizar la información recabada en el sistema (Jiang et al., 2014).

2.3 Encuesta de satisfacción

Una encuesta de satisfacción es un estudio que se realiza para saber cuál es la opinión cualitativa y cuantitativa del cliente con respecto a un servicio o producto, la utilidad de uso de este tipo de estudios es analizar el funcionamiento actual del producto o servicio (Ceupe, 2020). Las encuestas de satisfacción son estudios empíricos los cuales, mediante la observación y uso del producto o servicio, los usuarios definen el grado de satisfacción, además, proveen comentarios adicionales que permiten al desarrollador realizar mejoras en el producto. El encuestador no interviene ni controla el proceso estudiado, la encuesta se obtiene a través de la

información recabada por el usuario (Gonzalez, 2019). Por lo tanto, es posible definir la encuesta de satisfacción como un mecanismo que permite una comunicación bidireccional entre el cliente y el prestador del servicio.

Existen diversos tipos de indicadores para medir la satisfacción de un servicio o producto, entre los más populares se encuentran los siguientes:

- Escala de satisfacción de Likert, esta se ha convertido en una de las técnicas psicométricas más populares para generar escalas, utilizada por economistas, sociólogos y psicólogos en el desarrollo de cuestionarios (Llanos et al., 2013). Es posible describir estos indicadores como un método rápido y la adquisición de datos recabados es de fácil entendimiento para el desarrollador, además permite que el sujeto establezca un estimado cuantitativo de la magnitud de un atributo. La percepción del usuario se extiende sobre lo que él o ella opina a favor o en contra de la atención, en una escala de 3 a 9 puntos, que va desde desacuerdo hasta acuerdo.
- Escala de satisfacción CSAT, este tipo de puntuación es un indicador muy popular por su fácil uso, los clientes son encuestados vía telefónica acerca de la calidad de servicio y se evalúa en una escala de 1 “Para nada satisfecho” a 10 “Muy Satisfecho” (Ojeda, 2019).

Para la realización de este tipo de estudios se tiene que contemplar los objetivos que se quieren cumplir, pueden ser objetivos analíticos o descriptivos, los

analíticos exploran las posibles soluciones al inconveniente que arrojó el instrumento y las descriptivas las actitudes o condiciones en un periodo de tiempo determinado con el fin de identificar las fallas existentes durante el proceso (Gonzalez, 2019).

Hammond (2020), menciona que después de contemplar los objetivos y el tipo de encuesta de satisfacción a realizar se deben establecer las opciones de respuestas donde en cada opción se debe asignar puntajes con la finalidad de recabar por medio de una base de datos los valores y calculando cuantitativamente la información es posible presentarla por medio de una gráfica y de esta manera poder tener una mejor visualización de los cambios a realizar en el producto o servicio.

Una vez aplicada la escala piloto se requiere establecer las bases para la elección de los ítems para la escala final. Para analizar la fiabilidad de los ítems se debe realizar un análisis de consistencia interna, también llamado método de consistencia interna, autores como Fabila et al., (2013) mencionan que la consistencia interna se establece a partir de la prueba Alfa de Cronbach (índice de consistencia interna) que presenta valores entre 0 y 1; los valores cercanos a la unidad son aceptables ya que indican que se trata de un instrumento fiable, es decir que sus mediciones son estables y consistentes.

Para determinar el coeficiente Alfa Cronbach el investigador calcula la correlación de cada reactivo o ítem con cada uno de los otros, resultando una gran

cantidad de coeficientes de correlación. El valor de Alpha es el promedio de todos los coeficientes de correlación (Quero, 2010).

2.4 Validación por Expertos

Galicia et al., (2017), mencionan que la investigación en el ámbito educativo representa varios retos cuando se pretende desarrollar de manera apropiada, por ello, es necesario apoyarse en una herramienta para facilitar alguno de los procesos que la acompañan resultando deseable, sobre todo en aspectos tan relevantes como la validación de instrumento con el cual se van a recabar los datos, ya que esto depende de obtener resultados fidedignos o coherentes con los objetivos planteados. Existen diversos tipos de validez en el ámbito educativo Chiner (2011), los define de la siguiente manera:

- Validez de contenido, se refiere al grado en el que el instrumento presenta una muestra adecuada de los contenidos a los que se refiere, sin omisiones y sin desequilibrios de contenido.
- Validez de criterio, se refiere al grado en el que el instrumento correlaciona con variables ajenas a la prueba (criterios) con lo que se espera por Hipótesis que debe correlacionar de determinado modo.
- Validez de construto, se refiere al grado en el que el instrumento de medida cumple con las Hipótesis que cabría esperar para un instrumento de medida diseñado para medir lo que se deseaba medir.

Autores como Urrutia et al.,(2015), contemplan que en la mayoría de los casos, para validar los aspectos educativos se utiliza con mayor frecuencia la validez de contenido, ya que, este tipo de validación pretende determinar si los ítems o preguntas propuestas reflejan el contenido (conocimiento, habilidades o destrezas) que desean medir, logrando así, una correcta evaluación donde se permite reunir evidencias sobre la calidad y relevancia los cuales son un componente fundamental para que el contenido sea pertinente y sobre todo sea fuente válida. Además, se trata de una técnica cuya realización adecuada desde un punto de vista metodológico constituye a veces el único indicador de validez de contenido del instrumento de recogida de datos o de información (Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez, 2008) de ahí que resulte de gran utilidad en la valoración de aspectos de orden radicalmente cualitativo.

Es necesario considerar que la validez de contenido no puede expresarse cuantitativamente, es más bien, una cuestión de juicio, estimándose de manera subjetiva o intersubjetividad, por lo tanto, para que estos datos sean verídicos, es necesario el uso de Juicio de Expertos (Galicia Alarcón et al., 2017), recurriendo a este tipo de evaluación para evitar la probabilidad de error en la configuración del instrumento. El juicio de expertos consiste en solicitar a las personas con experiencia y estudios en el área de enfoque a evaluar, ya sea un objeto, un instrumento, un material de enseñanza o simplemente, su opinión con respecto a un aspecto en concreto.

Una parte crítica en el proceso de validación es la identificación de las personas que formarán parte del juicio de expertos, por lo que Skjong & Wentworth (2001), proponen los siguientes criterios de selección: a) experiencia en la realización de juicios y toma de decisiones basada en evidencias o experiencia (grados, investigaciones, publicaciones, posición, experiencia, premios, entre otros). b) reputación en la comunidad, c) disponibilidad y motivación para participar, d) imparcialidad y cualidades inherentes como confianza en sí mismo y adaptabilidad. Juárez & Tobón (2018) mencionan que un aspecto fundamental en el juicio de expertos es el número por ello, recomienda un número mayor de diez expertos ya que con este número se aporta una estimación aceptable de validez de contenido facilitando la detección y exclusión de valores atípicos del evaluador.

Una vez seleccionado los expertos en el área y de obtener los resultados una vez efectuado el instrumento de evaluación es necesario realizar un análisis cuantitativo de los datos recabados. En la literatura existen diferentes métodos y propuestas para validar y filtrar los datos que se requieren, Juárez & Tobón (2018), mencionan que la evaluación cualitativa se debe realizar un análisis a detalle de la información y sugerencias proporcionadas por los expertos y la evaluación cuantitativa se puede evaluar por el grado de índices, lo cual es necesario emplear una escala de evaluación numérica (escala Likert) la cual es aplicable para calificar aspectos como relevancia, utilidad, importancia, claridad, entre otros.

El juicio de expertos como estrategia de evaluación presenta una serie de ventajas entre las que destacan la posibilidad de obtener una amplia y pormenorizada información sobre el objeto de estudio y la calidad de las respuestas por parte de los jueces (Cabero-Almenara & Llorente Cejudo, 2013).

3. METODOLOGÍA

En la presente sección se describe el desarrollo de la metodología de diseño basado en la metodología V-Cuadrante, así como la metodología del diseño de la plataforma digital, siendo esta última creada para dar soporte a los usuarios que decidan usarla para sus proyectos mecatrónicos, así como los materiales usados para las mismas.

3.1 Materiales

Los materiales utilizados en la etapa de revisión de literatura fueron primero Google Scholar, BIVIR que es la base de datos de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y ELSEVIER, donde se revisaron un total de 53 artículos. La búsqueda se inició utilizando como palabras clave: metodología (methodology), educación en mecatrónica (mechatronic education), ingeniería mecatrónica (mechatronics engineering), diseños de metodología (design methodology).

Para el diseño y desarrollo de la plataforma digital con la metodología V-Cuadrante se utilizó el lenguaje C#, en la parte visible de la plataforma se utilizó HTML, CSS, Javascript, el patrón de diseño es MVC (modelo-vista-controlador) y se hizo un diseño por capa de lógica de negocio y capa de acceso a datos y el código se encuentra en un repositorio en ***bitbucket.com***.

Para el desarrollo de a herramienta digital se usa *web responsive* junto con las herramientas para programación ***Visual Studio 2017*** y ***Visual Studio Code***

utilizando como base de datos **SQL Server** proporcionada por el mismo proveedor de hosting para almacenar los datos recabados.

Mientras que para el desarrollo de la iconografía del desarrollo del proyecto se usó la plataforma Flaticon y para hacer más fácil la aplicación de la encuesta de satisfacción para la validación de la metodología y la plataforma se utilizó la plataforma **Survey Monkey** y para la creación de la base de datos de los resultados se utilizó **Excel 360**, mientras que para el análisis de datos para determinar la utilidad de la plataforma digital se utilizó **Minitab** y **Excel 360**.

3.2 Método

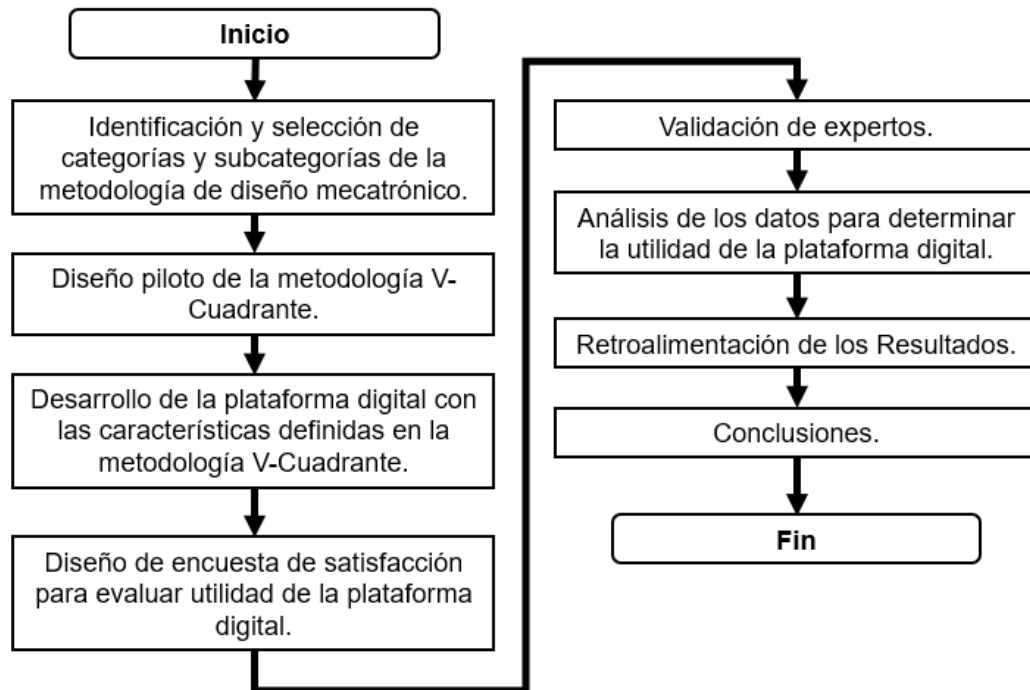


Figura 1. Método propuesto. Fuente: esta investigación

3.2.1 Identificación y selección de categorías y subcategorías de la metodología de diseño mecatrónico

El desarrollo de este proyecto inició con la identificación de características de las metodologías de diseño mecatrónico, para lo cual se utilizaron bases de datos para la búsqueda de información relacionada a dichas metodologías, utilizando palabras claves como metodología (methodology), educación en mecatrónica (mechatronic education), ingeniería mecatrónica (mechatronics engineering), diseños de metodología (design methodology).

Con el fin de dirigir la búsqueda al área de interés, la mayoría de los textos seleccionados reportaban resultados de proyectos donde se desarrollaron metodologías para usarse en el área de Ingeniería Mecatrónica. Debido a que una de las áreas primordiales de esta ingeniería son áreas de Mecánica, Eléctrica, Programación y Control se obtuvo como resultado una mayor cantidad de artículos en la base de datos ELSEVIER.

Mediante una técnica comparativa se sintetizó la información relevante, lo que permitió establecer los pasos o guías necesarios para crear la metodología propuesta en este documento. De la literatura previamente seleccionada se analizó el resumen y la introducción del artículo para establecer la utilidad al desarrollo de proyecto. Posteriormente, se analizaron las conclusiones de los documentos para establecer si los resultados coincidían con los objetivos a cumplir. Se realizó una revisión sistemática de diferentes tipos de documentos como: artículos científicos, revistas,

libros de metodologías educativas, entre otros. Este proceso se llevó a cabo como técnica de exploración y análisis de información relevante sobre las metodologías existentes; utilizando la información más actualizada, considerando las bases de datos con mayor publicación de información del tema de interés. Posteriormente, se analizaron las metodologías de diseño mecatrónico propuestas por otros autores, identificando las características, ventajas y desventajas observando a detalle.

3.2.2 Diseño piloto de la metodología V-Cuadrante

De acuerdo con lo que se planteó en el capítulo de revisión de literatura de este documento, la metodología V-Cuadrante desarrollada en este proyecto se basa en el modelo V de programación, en donde se define el curso de un proyecto en fases individuales cada vez más detalladas. A continuación, se describen los componentes principales de una metodología de diseño mecatrónico V-cuadrante.

- Fase de definición de especificaciones, como su nombre lo indica, en esta sección se definen las exigencias y procedimientos que deben ser empleados para la construcción de dispositivos y/o proyectos de carácter mecatrónico; asimismo, se identifican las necesidades y posibilidades que debe y puede cumplir.
- Fase de modelado y análisis, la formación de los modelos para la interpretación de los sistemas y subsistemas requieren un análisis activo y síntesis, refiriendo a la evaluación, interpretación y simulación del sistema para asegurar el correcto funcionamiento del dispositivo.

- Fase de integración del sistema y verificación, es la función total del sistema mecatrónico, se desarrolla de manera modular creando subfunciones cumpliendo con las actividades solicitadas y en el momento de integración total se permite desarrollar con los detalles e implementación
- Fase de verificación, sección que controla la calidad del sistema realizando verificaciones o validaciones en sus componentes individuales, sistemas y la integración del sistema final.

Una de las características primordiales de este modelo es la interacción existente entre el desarrollo y la verificación del dispositivo, permitiendo observar de manera modular el funcionamiento de cada uno de los componentes. Las ventajas significativas de este tipo de modelo es que permiten la optimización de la comunicación entre las partes involucradas a través de términos y responsabilidades buscando mejorar la calidad del producto, minimizando las situaciones de riesgo y permitiendo una mejor visualización de lo que realmente se está haciendo. Además, debido a que incluye un proceso de evaluación constante es posible minimizar los riesgos gracias a las medidas de control de la calidad firmemente integradas. Sin embargo, si se trabaja solamente con esta metodología se puede tener la desventaja de que al ser simple para describir todo un proceso de desarrollo permite una respuesta poco flexible a los cambios durante su desarrollo.

Siendo la mecatrónica una estructura sinérgica de integración de sistemas físicos, electrónicos, controles y computadoras a través del proceso de diseño se

consideró agregar a la propuesta los componentes del marco de integración reportado por los autores Wang et al. (2009) que se observa en la Figura 2. Considerando que la mecatrónica es un proceso de diseño evolutivo que exige la integración horizontal entre las diversas disciplinas de ingeniería, así como la integración vertical entre diseño y fabricación (Vargas & Chávez, n.d.) por lo tanto, en el desarrollo metodológico de este proyecto se consideró, en la integración horizontal, la disciplinas que pueden dar soporte al desarrollo de sistemas mecatrónicos y, en consecuencia, los componentes básicos de la mecatrónica. Mientras que la integración vertical incluye el proceso de desarrollo de productos de mecatrónica y, en consecuencia, sus herramientas de apoyo.

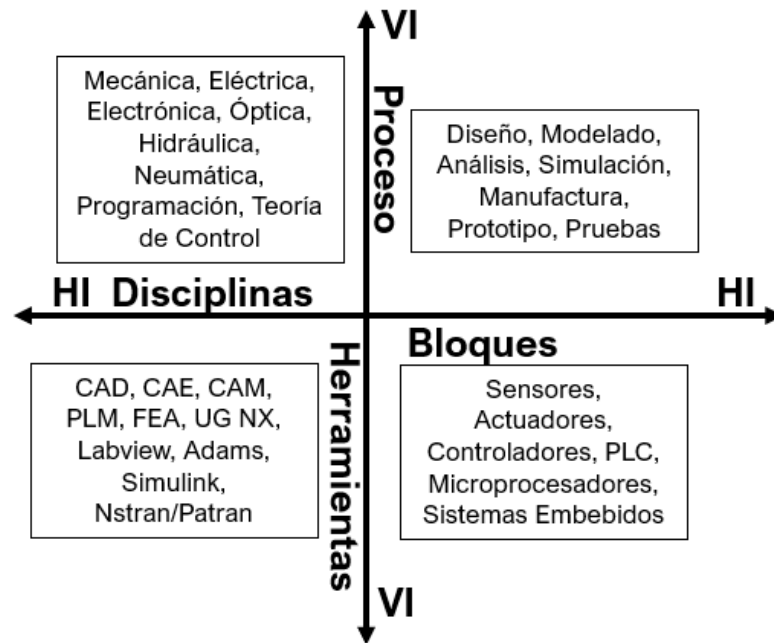


Figura 2. Integración Horizontal (HI) e Integración Vertical (VI) de mecatrónica. Fuente: (Wang et al., 2009) traducido al español

Posteriormente y a partir de las características analizadas se consideró una combinación de metodologías, con las cuales se busca potenciar la correcta implementación y desarrollo de proyectos mecatrónicos. El esquema de la estructura se puede reportar en la Figura 3, donde se integran ambos componentes.

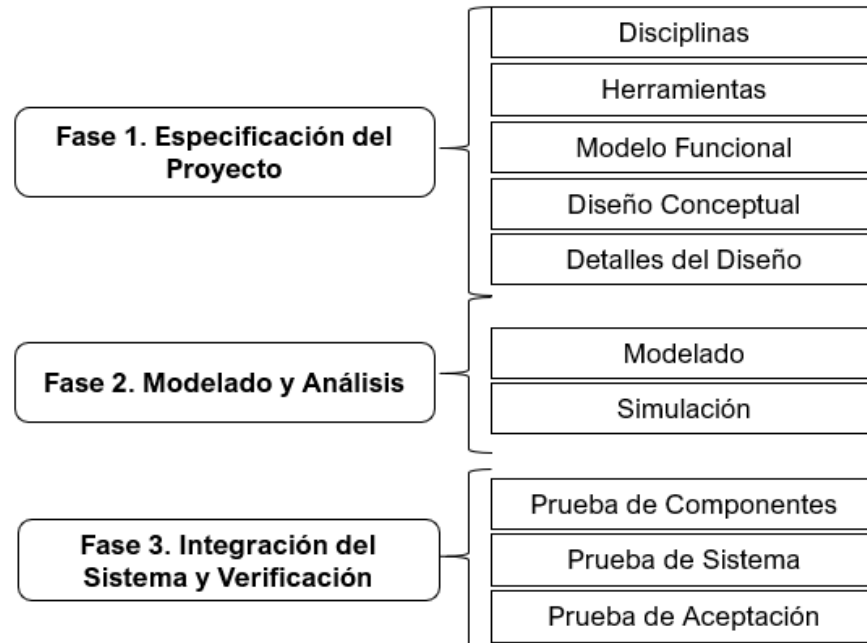


Figura 3. Esquema general de los componentes del diseño piloto metodología V-Cuadrante

3.2.3 Desarrollo de la plataforma digital con las características definidas en la metodología V-Cuadrante

Para el desarrollo de la plataforma digital se utilizó la metodología SWIRL, esta metodología posee seis fases: 1) análisis, 2) planificación, 3) modelado, 4) implementación, 5) verificación y pruebas, y 6) lanzamiento (Molina Ríos & Pedreira-Souto, 2019), de acuerdo con lo que se muestra en la Figura 4. En el caso de este

proyecto solo se utilizaron las primeras cinco fases ya que se deben hacer unas modificaciones previas antes de realizar el lanzamiento de la plataforma.

Es necesario mencionar que en cada una de las fases del proceso de creación se tuvo una iteración para corregir y verificar los aspectos de errores existentes durante su desarrollo.

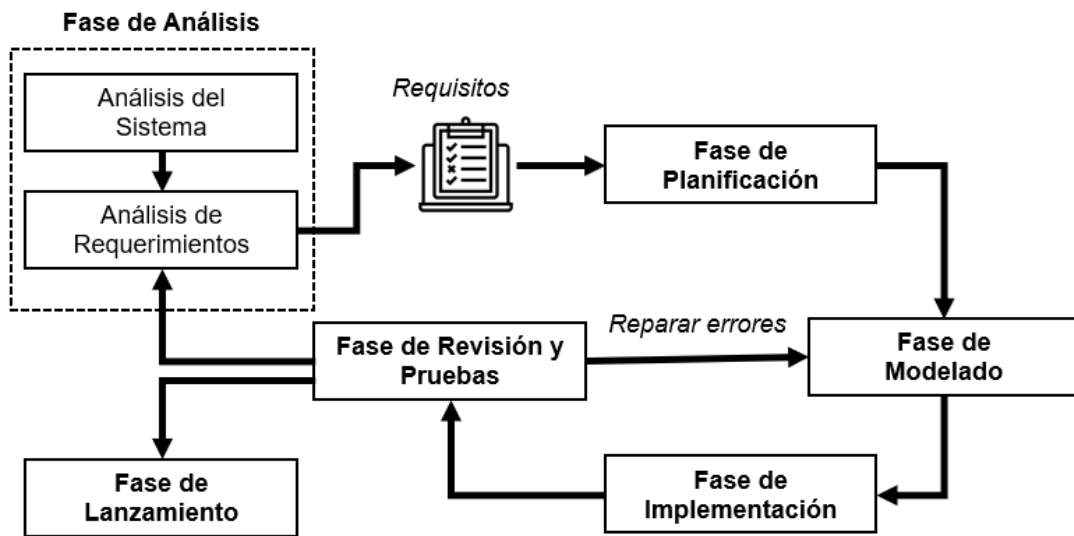


Figura 4. Ciclo de vida SWIRL. Fuente: (Molina Ríos & Pedreira-Souto, 2019).

- **Fase de Análisis**

En esta fase se definieron las variables relevantes dentro del desarrollo de la plataforma digital. Se hizo un reconocimiento general del sistema, así como el análisis de factibilidad del sistema y la perspectiva del producto además de la identificación de los roles de los usuarios del sistema.

- ***Fase de Planificación***

Se realizó una lista de actividades que la plataforma digital debía incluir para cumplir con el análisis previamente descrito, además de pensar en el diseño y distribución de los diferentes componentes de la plataforma digital, con la finalidad de que al llegar a la etapa de diseño se tenga una mayor facilidad de realización de cada componente que integre la plataforma.

- ***Fase de Modelado***

En esta sección se realizaron los diseños correspondientes a la base de datos, modelo conceptual y modelos navegacionales de uso para el proyecto.

- ***Fase de Implementación***

Esta fase se realizó la codificación de las funciones de cada componente de la plataforma digital, se describieron los estándares de la plataforma, el diseño y codificación de las páginas principales con sus respectivas conexiones.

- ***Fase de Revisión y pruebas***

En esta sección se hizo una evaluación de utilidad y estructura del sistema donde se revisó la funcionalidad de los componentes de la plataforma mediante el uso de la encuesta de satisfacción donde los encuestados realizaron pruebas con la plataforma y en una sección de la encuesta describieron aspectos positivos y negativos para los siguientes cambios de la plataforma.

3.2.4 Diseño de encuestas de satisfacción para evaluar la utilidad de la plataforma digital

La encuesta de satisfacción es una herramienta de recogida de datos, que permite conocer la opinión e impresiones, cualitativas y cuantitativas de los usuarios, este tipo de encuestas debe de establecer una comunicación bidireccional que generará una respuesta positiva a la evaluación del sistema (Ariza et al., 2009).

El esquema de resumen de los pasos descritos en esta encuesta de satisfacción se visualiza en la Figura 5. A continuación se describirá brevemente cada una de las fases de la realización de la encuesta de satisfacción.

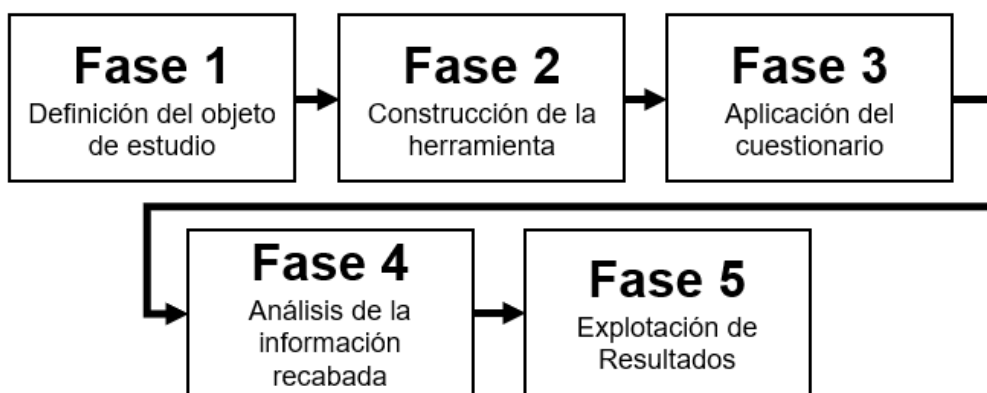


Figura 5. Esquema resumen de los pasos descritos en la encuesta de satisfacción.

Fuente: Elaboración propia.

- ***Fase 1: Definición del objeto de estudio o análisis***

El objetivo de este estudio fue valorar la calidad del contenido de la metodología propuesta, revisión de cada una de sus fases, categorías y atributos, además de valorar la calidad del diseño de la plataforma; la facilidad, la coherencia y la facilidad de uso.

- ***Fase 2: Construcción de la herramienta: cuestionario de opinión***

En esta etapa se buscó determinar tanto la utilidad de la metodología como la funcionalidad plataforma digital para la realización de proyectos mecatrónicos, por este motivo, se construyeron preguntas con enfoque al contenido de la metodología y a los elementos de evaluación del ambiente virtual. La redacción de las preguntas encuesta de satisfacción fue con una extensión corta, lenguaje sencillo, preguntas directas y cerradas. La composición del cuestionario se dividió en tres partes: la introducción, el desarrollo del cuestionario y la conclusión.

En la introducción se da una breve bienvenida al experto mencionando la importancia de su retroalimentación, además de su identificación como; nombre, filiación, grado académico y área de desarrollo (Industria / Academia), se menciona el objetivo del instrumento, los aspectos a evaluar y el criterio de evaluación el cual es indicar el grado de acuerdo o desacuerdo en una escala del 1 al 5 de cada una de las preguntas.

En la parte de desarrollo se realizan las preguntas de la encuesta de satisfacción. La encuesta lo que busca es validar la utilidad de la plataforma, para lograr esto se estructuraron preguntas relacionadas con la funcionalidad y estructura de los apartados importantes de funcionamiento; la plataforma donde los usuarios podrán desarrollar sus proyectos, su guía de uso para que los usuarios tengan una visión general de los componentes que pueden utilizar en la plataforma y la metodología V-Cuadrante. En la Tabla 2 se puede apreciar la cantidad de preguntas asignadas en cada uno de los componentes previamente mencionados.

Tabla 2. Preguntas asignadas en cada sección de la encuesta de satisfacción. Fuente: Esta investigación

Componentes por evaluar	Plataforma Digital	Guía de Uso	Metodología V-Cuadrante
Funcionalidad	3	2	4
Estructura	4	2	23

En la parte de conclusión se les dio un agradecimiento a los expertos por su retroalimentación y se les proporcionó un correo de la plataforma por si querían mandar quejas o sugerencias adicionales utilizaran ese medio.

- **Fase 3: Aplicación del cuestionario**

Los evaluadores fueron previamente seleccionados ya que en el caso de este estudio se desarrolló con el método de validación por expertos. El modo de aplicación del cuestionario fue por vía electrónica con la finalidad de seguir las

medidas de sana distancia debido a la pandemia que estamos atravesando, además con la finalidad de facilitar a los expertos el desarrollo del cuestionario se realizó una guía para tener una orientación clara, sencilla y práctica de todos los componentes de la plataforma digital asegurando la realización del cuestionario en forma sistemática y de tener resultados que puedan ser analizados fácilmente.

Se desarrolló una encuesta de satisfacción conformada por 38 preguntas (Tabla 2), donde 15 expertos tanto del área Industrial como Académica contestaron preguntas cerradas, limitadas con una escala de Likert, esto con el fin de evaluar la utilidad de la plataforma digital. Las preguntas se plantearon con la finalidad de evaluar los atributos de funcionalidad y estructura de los componentes principales; la plataforma digital, la guía de uso y la metodología V-Cuadrante. En cada uno de los apartados se tenía un espacio para observaciones y recomendaciones.

La encuesta de satisfacción contó con nueve páginas con el fin de que el experto evaluador pudiera visualizar con mayor facilidad cada sección a revisar. La encuesta se generó en la plataforma SurveyMonkey, la cual permite recopilar opiniones en datos y gracias a su facilidad es posible realizar encuestas de satisfacción de manera sencilla y cualquier tipo de público puede acceder a ellas. Las preguntas planteadas en esta encuesta se pueden observar en el [Anexo A](#).

La página inicial da la bienvenida al usuario (experto), y es donde se mencionan las razones por las cuales fue seleccionado y se solicita su identificación. Con la finalidad de que todos los aspectos se evalúen se proporcionaron tres ligas importantes para realizar la encuesta: la primer liga es el vínculo que redirige a la página de inicio de la plataforma digital <http://mechpro.com.mx/> para hacer pruebas, ver las funciones que tiene el sistema y evaluar si cumple con la utilidad para la cual fue diseñada; la segunda liga contiene una guía del uso de la plataforma (Guía que se puede observar en el [Anexo B](#)), esta muestra cómo realizar las actividades paso a paso además de señalar la importancia y las actividades que pueden realizar en cada sección del programa, guía que fue posteriormente evaluada) y la tercera contiene la descripción del funcionamiento de la metodología V-Cuadrante ([Anexo C](#)) donde se explica con mayor detenimiento la función que cumple cada fase, categoría y subcategoría de la metodología que contiene la plataforma. Finalmente se describe el procedimiento para evaluar cada pregunta cerrada. Esta se basa en una escala de Likert con un valor del 1 al 5, esto con el fin que los evaluadores describan el grado de satisfacción respecto al contenido de la plataforma y metodología. En este paso se integró, al final de cada sección, un apartado para escribir libremente sus recomendaciones con respecto a la sección evaluada.

La segunda página de la encuesta contiene las preguntas de funcionalidad y estructura. Esto se pregunta con el fin de medir la utilidad de la plataforma digital. En esta sección fue necesario que el experto inicie sesión en la plataforma y usando la guía observar con detalle la función de los componentes de la plataforma.

En la tercera página de la encuesta se evaluó la utilidad de la guía de uso, la cual fue previamente utilizada para revisar la plataforma digital. Esta guía está formada por dos secciones la funcionalidad y estructura de la guía de uso, las cuales fueron también son evaluadas con la encuesta de satisfacción. También contiene un espacio para que el experto describa las observaciones, recomendaciones y propuestas para la mejora de cada una de las secciones.

La cuarta página es una breve introducción a la metodología V-Cuadrante, le menciono al experto encuestado las fases principales de la metodología además de proporcionarle la liga del documento PDF que explica detalladamente la función de cada categoría y subcategoría, además menciona que la página cinco, seis, siete evaluó el funcionamiento de la metodología y por su parte la página ocho evaluó la estructura de la metodología por sus tres fases principales.

Finalmente, en la última parte de la encuesta de satisfacción, se agradece al evaluador por el tiempo invertido, evaluación realizada y la retroalimentación

generada en cada uno de los aspectos revisados, además se agregó un correo electrónico por si el experto encuestado quería mandar comentarios adicionales sobre la plataforma.

- ***Fase 4: Análisis de la información recogida***

Una vez realizados los cuestionarios se dispuso a estudiar y valorar los datos cuantitativos de las preguntas cerradas. Al final de esta etapa se conseguirá la selección de todas las respuestas reflejadas para ser presentadas de manera concisa y precisa, facilitando la planificación de acciones de mejora.

- ***Fase 5: Explotación de resultados***

En esta etapa, con la información obtenida se conocen tanto los puntos débiles como los puntos fuertes del de la metodología y la plataforma, así como su nivel de satisfacción general. Con esto se pueden determinar los aspectos que se consideran importantes y los aspectos que se pueden mejorar. Es importante considerar los comentarios y aportaciones, ya que esto permite orientar de mejor manera el servicio.

3.2.5 Validación de expertos

Cómo se mencionó en la revisión de literatura, el juicio de expertos se define como una opinión informada de personas con trayectoria en el tema que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste y que pueden dar información,

evidencia, juicios y valoraciones. El juicio de expertos es un procedimiento que nace de la necesidad de estimar la validez de contenido de una prueba, para realizarlo se debe de recabar información de manera sistemática. Para la realización de este proyecto se establece una serie de pasos que permite un desarrollo correcto y organizado permitiendo así un proceso eficiente.

- ***Definición del objetivo del juicio de expertos***

En este apartado es necesario tener clara la finalidad del juicio a evaluar, en este caso es la validación del contenido metodológico de la plataforma digital basada en la metodología V-Cuadrante dirigida a usuarios mecatrónicos.

- ***Selección de los jueces***

El prototipo preliminar fue sometido a una evaluación de 15 evaluadores externos que pueden considerarse como expertos en el área. Como criterios para la selección se consideraron la experiencia, nivel de estudios y el contacto cercano al desarrollo de proyectos mecatrónicos.

- ***Proceso de validación***

El proceso de validación inició con la entrega un cuestionario para medir la satisfacción sobre la plataforma a los expertos junto con las instrucciones para la evaluación numérica de cada una de las categorías. Posteriormente, se aplicó el juicio de expertos para realizar una valoración sobre los ítems que

componen dicho cuestionario, así como una valoración global del mismo. En relación con los ítems, se solicitó que valoraran cualitativamente su grado de pertinencia al objeto de estudio tratándose de una validación de contenido cuyos objetivos son analizar y valorar si los ítems miden todas las categorías que se desea medir además de proporcionar al experto un campo abierto de cada división de la encuesta de satisfacción con la finalidad de que describieran las observaciones, recomendaciones y comentarios con respecto a esa sección.

3.2.6 Análisis de los datos para determinar la utilidad de la plataforma

Se utilizaron herramientas como Excel y Minitab para desarrollar y generar la base de datos con los resultados obtenidos de la evaluación de expertos y posteriormente se realizó el análisis de la encuesta de satisfacción antes mencionada con el fin de determinar la utilidad de la plataforma digital como el contenido de la metodología V-Cuadrante logrando así un correcto análisis de los requerimientos necesarios para el desarrollo de un proyecto mecatrónico de manera eficiente.

El análisis de la validez de contenido se basa en el procedimiento desarrollado por Aiken (1980, 1985) utilizando el muestreo estratégico o de juicio, donde la finalidad no es la representatividad estadística en sí, sino en la información y la captación de variedad de opiniones sobre el tema en cuestión (García et al., 2016).

3.2.7 Retroalimentación de los resultados

Una vez obtenidos los datos de la aplicación del cuestionario para medir la satisfacción respecto de la utilidad de la plataforma digital por medio de una validación por expertos, se analizan los resultados, a partir de los cuales se lleva a cabo una retroalimentación lo que permite mejorar los aspectos que se mencionaron como débiles permitiendo plantear una mejora del prototipo en un futuro.

4. RESULTADOS

4.1 Identificación y selección de categorías y subcategorías de la metodología de diseño mecatrónico

Como es posible apreciar en la Figura 3 se puede observar las tres fases principales de la metodología: Especificación del proyecto, modelado y análisis e Integración del sistema y verificación. Cada categoría contiene subcategorías y dependiendo de la subcategoría, se pueden encontrar ítems que permiten definir con mayor detalle dicha subcategoría.

4.1.1 Especificación del Proyecto

La especificación de proyecto se dividió en cinco categorías: Disciplinas, Herramientas, Modelo Funcional, Diseño Conceptual y Detalles de Diseño. En la Tabla 3 se enlistan las subcategorías de la categoría Disciplinas.

Tabla 3. Subcategorías seleccionadas en disciplinas. Fuente: Esta investigación.

Categoría	Subcategoría
Disciplinas	Hidráulica
	Eléctrica
	Mecánica
	Neumática
	Electrónica
	Sistemas de Control
	Automatización
	Manufactura
	Diseño
	Electromecánica

En la Tabla 4 se enlistan las subcategorías definidas para la categoría de herramientas.

Tabla 4. Subcategorías seleccionadas en herramientas. Fuente: Esta investigación.

Categoría	Subcategoría
Herramientas	CAD
	CAM
	PLM
	FEA
	UG NX
	Labview
	Adams
	Simulink
	Matlab
	Minitab
	Solidworks
	AutoCAD
	National Instruments

En la Tabla 5 es posible apreciar las subcategorías e ítems seleccionados en la categoría de Modelo Funcional.

Tabla 5. Subcategorías e ítems seleccionados en el modelo funcional. Fuente: Esta investigación.

Categoría	Subcategoría	Ítem
Modelo Funcional	Cualidades del Proyecto	Propósito
		Comprobabilidad
		Modificabilidad
	Requerimientos del Consumidor	Tiempo de entrega
		Disponibilidad
		Seguridad
		Compatibilidad
		Robustez

En la Tabla 6 es posible apreciar las subcategorías e ítems seleccionados en la categoría de Diseño Conceptual.

Tabla 6. Subcategorías e ítems seleccionados en el diseño conceptual. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría	Ítem
Diseño Conceptual	Clarificación de las especificaciones de ingeniería	Verificable
		Prioridad
		Identificador único
		Requisitos
	Establecimiento de estructuras funcionales	Objeto
		Propiedades modeladas
		Propósito
		Usuario del modelo
	Búsqueda de principios apropiados físicos, de trabajo y combinaciones	Modelación funcional
		Modelación cualitativa
		Modelación estructural simbólica
		Técnicas de ideación

En la Tabla 7 es posible apreciar las subcategorías seleccionadas en la categoría de Detalles de Diseño.

Tabla 7. Subcategorías seleccionadas en detalles del diseño. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría
Detalles del Diseño	Geometría
	Mecanismos
	Electrónica

4.1.2 Modelado y Análisis

En modelado y análisis se dividió en dos categorías: modelado y simulación. En la Tabla 8 es posible apreciar las subcategorías de la categoría modelado y análisis.

Tabla 8. Subcategorías seleccionadas en modelado. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría
Modelado	Definición del flujo
	Definición de los elementos del proceso
	Ecuaciones básicas de los elementos del proceso
	Conexión de las ecuaciones
	Definición de las variables de entrada y salida
	Modelo en modo general

En la Tabla 9 es posible apreciar las subcategorías de la categoría modelado y análisis.

Tabla 9. Subcategorías seleccionadas en simulación. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría
Simulación	Delimitación del sistema
	Verificación de la estructura
	Verificación de parámetros
	Consistencia dimensional
	Condiciones extremas

4.1.3 Integración del Sistema y Verificación

La fase Integración del Sistema y Verificación se dividió en cinco categorías: Bloques, Proceso, Pruebas de Componentes, Pruebas del Sistema, Pruebas de Aceptación. En la tabla 10 es posible apreciar las subcategorías de la categoría bloques.

Tabla 10. Subcategorías seleccionadas en bloques. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría
Bloques	Sensores
	Actuadores
	Controladores
	PLC
	Microprocesadores
	Sistemas Embebidos
	Procesadores de Imágenes
	HMI

En la Tabla 11 se enlistan las subcategorías que componene la categoría proceso.

Tabla 11. Subcategorías seleccionadas en proceso. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría
Proceso	Simulación
	Prototipo
	Pruebas
	Diseño
	Análisis
	PDM/ERP

En la Tabla 12 es posible apreciar las subcategorías de la categoría pruebas de componentes.

Tabla 12. Subcategorías seleccionadas en pruebas de componentes. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría
Pruebas de Componentes	Materiales
	Señal
	Mecanismo
	Electrónica
	Programación

En la Tabla 13 es posible apreciar las subcategorías de la categoría pruebas del sistema.

Tabla 13. Subcategorías seleccionadas en pruebas del sistema. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría
Pruebas del Sistema	Evaluación de la estructura
	Análisis de sensibilidad
	Prueba de evaluación de parámetros
	Prueba de adecuación de los límites en las políticas sugeridas
	Reproducción del comportamiento

En la Tabla 14 es posible apreciar las subcategorías de la categoría pruebas de Aceptación.

Tabla 14. Subcategorías seleccionadas en pruebas de aceptación. Fuente: Esta investigación

Categoría	Subcategoría	Item
Pruebas de Aceptación	Seguridad	Seguridad inmediata tecnológica
		Seguridad indirecta tecnológica
	Regulación	Principio de Operación
		Estructura
		Algoritmo
	Ergonomía	Interacción hombre-máquina
		Control y Pantalla
		Fuerzas
	Manufactura	Fabricación de la pieza
	Control	Medición y Capacidad de Prueba
		Requerimientos especiales
	Ensamble	Instrucciones de requerimientos especiales
		Pre-Ensamble
		Instalación
		Herramientas
		Hojas de datos
	Sustentabilidad	Usabilidad
		Reciclaje

		Transporte
	Organización	Costo
		Aceptación Social
		Mercado

4.2 Diseño piloto de la metodología V-Cuadrante

Las metodologías descritas en la revisión de literatura son una recopilación de metodologías que proponen un orden estructurado del proceso de desarrollo de un prototipo de un producto o proceso mecatrónico o bien el desarrollo de un curso en áreas de mecatrónica. Si bien, todas las metodologías enfatizan la integración de los diferentes sistemas eléctricos, mecánicos y de programación, no todas cuentan con las herramientas totales requeridas para satisfacer las demandas específicas por el producto final.

Con el fin de robustecer el diseño de sistema mecatrónicos, en este trabajo se propone una metodología de diseño enfocada en los sistemas mecatrónicos; donde se combinan las metodologías propuestas por Kozák (2016), Yu et al., (2013) y Graessler et al., (2018). Tomando en cuenta la necesidad de integración de conocimientos y sistemas para los diferentes procesos de desarrollo y aplicación, se plantea la metodología llamada “Modelo V-Cuadrante”, la cual propone una combinación de metodologías. El uso del modelo V permite que cada dominio verifique la compatibilidad de su diseño con otros dominios, lo que propicia la reducción de las iteraciones (Dohr & Vielhaber, 2012). El desarrollo del proyecto del modelo aquí propuesto se divide primero en tres grandes etapas: el proceso

metodológico, el modelado y la simulación y el proceso de integración, que se identifican en la Figura 6. A su vez, el proceso metodológico se divide en tres etapas:

- La integración y el manejo de las diferentes disciplinas;
- La definición de herramientas;
- El diseño del prototipo.

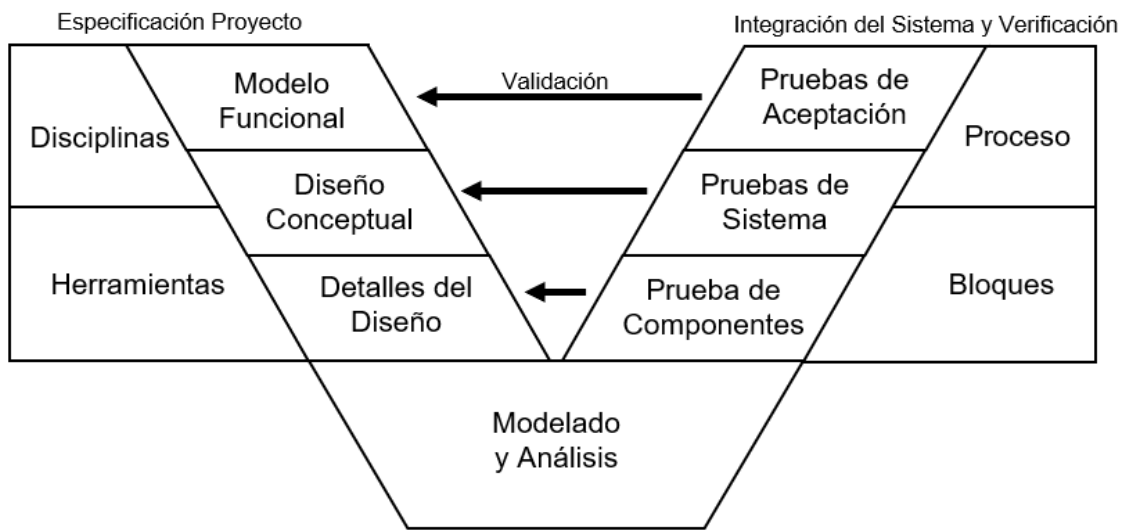


Figura 6. Modelo V-Cuadrante para el diseño de proyectos mecatrónicos. Fuente: elaboración propia.

La segunda etapa se enfoca en el modelado y la simulación del prototipo, mientras que la tercera etapa contiene las pruebas de todo el sistema. Cada etapa del proceso se describe con detalle a continuación.

4.2.1 Especificación del Proyecto

En esta sección se definen las normas, los requisitos y procedimientos que deben ser empleados para la construcción de los dispositivos y/o proyectos de carácter

mecatrónico. Es decir, se consideran los requerimientos que se busca cumplir. Para esto se deben identificar las necesidades y posibilidades que debe y puede cumplir, especificando los componentes importantes, revisión de los trabajos preliminares y el establecimiento de la metodología a seguir. Así como los primeros cuadrantes en el eje vertical que contienen la integración mecatrónica y son dos: IA) Disciplinas necesarias para el desarrollo del proyecto mecatrónico y IB) Herramientas tecnológicas (programas) para poder realizar las simulaciones requeridas, así como los análisis de las simulaciones o modos de falla existentes en el sistema y si es necesario, el desarrollo de la interfaz gráfica que controle el proyecto. Estas herramientas incluyen métodos y tecnologías para realizar las actividades del proceso definidas como necesarias.

Esta sección se puede catalogar como el núcleo interdisciplinario de la ingeniería de producto, donde toma lugar la fase de arquitectura y diseño del sistema. Es decir, aquí se desarrolla la estructura general de la solución del sistema, incorporando elementos, relaciones y principios necesarios para el diseño y el desarrollo posterior de un sistema tal como lo señala (Graessler et al., 2018).

En esta etapa del diseño se deben elegir los métodos y tecnologías más apropiados para el producto en particular; esto requiere tener un conocimiento de los temas pertinentes con un nivel de profundidad y amplitud adecuados (Chiang, 2012). En esta sección existen cinco categorías importantes; las disciplinas, las herramientas, el modelo funcional, el diseño conceptual y los detalles del diseño.

4.2.1.1 Disciplinas

Las disciplinas se pueden definir como el área de desarrollo de conocimiento, enseñanza o investigación en los que se basará el proyecto de acuerdo con los requerimientos establecidos (Aguilar, 2013). En esta sección se muestran las diversas áreas donde el usuario, con enfoque mecatrónico, debe indagar a lo largo del diseño del prototipo mecatrónico. En general, las áreas consideradas para el desarrollo de proyectos de base mecatrónica son Hidráulica, Eléctrica, Electrónica, Inteligencia Artificial, Manufactura, Mecánica, Neumática, Robótica, por mencionar algunas. La finalidad de esta categoría es que el usuario tenga en consideración los conocimientos necesarios para alcanzar los objetivos planteados en su proyecto; además, si un usuario externo quiere desarrollar un proyecto, esto le permite tener la visibilidad de los requerimientos de conocimiento que necesita para el desarrollo eficiente del proyecto.

4.2.1.2 Herramientas

Las herramientas son instrumentos como programas o aplicaciones que nos permiten tener acceso, información y conocimiento sobre las necesidades que el desarrollo del proyecto presenta. Las herramientas son programas como LabVIEW, Matlab, Simulink, Solidworks, entre otros. El objetivo de la categoría es que el usuario defina qué instrumentos debe utilizar para realizar el proyecto, además de establecer el requerimiento de licencias especiales para poder cumplir con los usos específicos para el desarrollo del proyecto.

4.2.1.3 Modelo funcional

Especifica lo que sucede, cuándo sucede y qué actividades suceden, definiendo las operaciones y actividades que debe o no debe cumplir el proyecto. Asimismo, analiza las características que debe tener el sistema y posteriormente establece los modelos matemáticos, parámetros y actividades que debe cumplir. También, es la obtención de requisitos, formulario de obtención, estructuración y análisis de requisitos además de las necesidades de las partes que lo requieren; además, presenta las funciones dentro del modelado del sistema, la cual es una representación de los procesos y funciones necesarias para determinar los requerimientos necesarios para la creación del proyecto mecatrónico (Gómez, 2011).

4.2.1.4 Diseño conceptual

Con la etapa de diseño conceptual se determina la factibilidad de la idea, si los costos son los adecuados para la implementación del proyecto, además, se desarrolla la primera fase de diseño del proyecto. El proceso de diseño y desarrollo de productos se realiza usando herramientas avanzadas para facilitar el proceso y obtener un mejor resultado (Chiang, 2012). Con lo cual se busca alcanzar cuatro características del diseño:

- Clarificación de las especificaciones de ingeniería. En este punto se definen las normas, exigencias, y los procedimientos para la aplicación, así como la elaboración y fabricación de los dispositivos.

- Verificable, se debe describir cómo se comprobará y analizará que el dispositivo funcionará correctamente.
- Prioridad, qué aspectos de funcionamiento son los más importantes de realizar iniciando el proyecto.
- Identificador único, cual es el aspecto que garantiza si el dispositivo cumple con un propósito específico, que aspecto agrega valor al dispositivo.

4.2.1.5 *Detalles del diseño*

Una vez desarrollado el modelo funcional y el diseño conceptual se evalúan las especificaciones antes establecidas, así como los requisitos basados en la parte física del dispositivo.

- Geometría, son las dimensiones requeridas del dispositivo, espacio requerido, conexiones, extensiones y todos los requerimientos necesarios para establecer el tamaño del trabajo.
- Mecanismos, son las fuerzas a las cuales estará sometido el dispositivo, trabajo, peso entre otros requerimientos físicos que estará contemplado el dispositivo a someterse.
- Electrónica, al ser un proyecto mecatrónico es necesario definir el voltaje nominal, la corriente con el que el dispositivo debe funcionar, accesibilidad y el grado de obsolescencia del dispositivo.

4.2.2 Modelado y Análisis

Debido a los altos estándares requeridos para el desarrollo de proyectos mecatrónicos un punto importante a considerar es la representación digital que requiere el sistema. En la actualidad, existen métodos modernos de desarrollo de productos compatibles con los requerimientos de la industria.

La formación de los modelados para la interpretación de los sistemas y subsistemas requieren un análisis activo y una síntesis, esto se refiere a la evaluación, interpretación y simulación del sistema (Graessler y Hentze, 2020), subsistema o todo el dispositivo. En esta sección se hace una división de las dos áreas requeridas para cumplir con lo antes establecido. De acuerdo con (Graessler et al., 2018) la interacción entre los componentes o los elementos de las disciplinas involucradas examinan exhaustivamente el sistema o la puesta en marcha virtual a través de una simulación.

Asimismo, la integración paso a paso fusiona lo implementado en los elementos del sistema y subsistema; el objetivo principal es que la integración del sistema de modo general cumpla con los requisitos especificados anteriormente (Graessler y Hentze, 2020). La estrategia de la integración debe ser acordada de antemano con todas las partes interesadas.

4.2.2.1 Modelado

Con el modelado y análisis se espera que se realice una evaluación detallada y completa en la solución propuesta considerando el diseño más óptimo (Behbahani & De Silva, 2013); estas acciones deben realizarse en tres áreas: mecánicas, eléctricas y de software. Asimismo, se deben definir los aspectos físicos que limitan al sistema y se deben identificar los componentes que se pueden utilizar. A continuación, se detallan los pasos de esta etapa.

- Definición del flujo. Se refiere a los flujos de energía o material en los cuáles los sistemas se desenvolverán.
- Definición de los elementos del proceso. Estos pueden ser las ecuaciones de balance general, flujos de masa, energía y momento, ecuaciones de almacenamientos especiales, ecuaciones constitutivas para el flujo de energía y flujo de materia y ecuaciones fenomenológicas para procesos irreversibles, flujo de balance de masa, energía y momentos. Aspectos físicos que afectan el dispositivo.
- Ecuaciones básicas de los elementos del proceso. Ecuación de nodo, ecuación de continuidad, análisis de mallas de los sistemas.
- Interconexión de las ecuaciones. Ecuación de nodo, ecuación de continuidad, análisis de mallas de los sistemas.
- Definición de las variables de entrada y salida. Descripción de las variables independientes y dependientes

- Modelo en modo general. Aquí se incluye el diagrama de señal, modelo de entrada y salida, modelo de variables de estado, linealización.

4.2.2.2 Simulación

Se aplican leyes básicas estáticas y dinámicas en el diseño; también, se calculan las tensiones, deformaciones y calentamiento bajo análisis de cargas y se agregan los valores que afectan el contexto del proyecto (Graessler et al., 2018).

- Delimitación del sistema, los conceptos y estructuras importantes para abordar las cuestiones son endógenos al modelo.
- Verificación de la estructura, revisión de la estructura del modelo para determinar si es consistente con el conocimiento descriptivo relevante del sistema de modelado inicial.
- Verificación de parámetros, se determina si los parámetros del modelo son consistentes con el conocimiento relevante del sistema.
- Consistencia dimensional, permite asegurar que cada ecuación en el modelo dimensional corresponde al sistema real.
- Condiciones extremas, con este paso se comprueba si el modelo exhibe un comportamiento lógico en cuanto a los parámetros seleccionados que les asignan valores extremos.

Este método ayuda al diseñador a identificar, al momento de integrar los componentes físicos y la programación del sistema, si lo antes establecido realmente

cumple con los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento del prototipo de interés.

4.2.3 Integración del Sistema y Verificación

El proceso del diseño mecatrónico se desarrolla de manera modular, incluyendo subfunciones, de tal modo que cada una de ellas cumpla con actividades determinadas, esto con el fin que al integrar los componentes se obtenga el prototipo físico del sistema de interés (Yu et al., 2018).

La integración se realiza considerando los detalles e implementación para que cualquier problema que surja sea resuelto de inmediato (Graessler et al., 2018). Por lo tanto, y enfocados en el funcionamiento del prototipo, este se desarrolla siguiendo los pasos de los cuadrantes: IIA) proceso, y IIB) desarrollo de bloques. Desde luego cada una de estas etapas deberán pasar por validaciones, con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del prototipo. Las validaciones y las verificaciones de especificación tienen dos maneras de llevarse a cabo, a través de prototipos físicos o bien con el uso de prototipos virtuales (Dohr & Vielhaber, 2012a), esto dependerá de la complejidad del módulo y la disponibilidad de herramientas, materiales y equipos.

De acuerdo con Graessler y Hentze (2020), la validación de la propiedad que acompaña al desarrollo es utilizada para la evaluación continua de la solución buscada, además, permite observar en qué componente el diseño puede fallar esto

antes del término del desarrollo de este; es decir, que se pueden resolver las fallas antes de obtener el prototipo final. Esto se logra a través del análisis de las modificaciones que se deben realizar para que el dispositivo realmente funcione (Graessler y Hentze, 2020).

Así como los elementos del sistema y subsistemas, anteriormente mencionados se desarrollan de modo individual, la evaluación debe realizarse de la misma manera verificando cada paso desarrollado; logrando así resultados satisfactorios. Por esto mismo, la evaluación en esta sección se divide en tres etapas, las cuáles, se presentan por orden de realización: Pruebas de Componentes, Pruebas del Sistema y Pruebas de Aceptación.

4.2.3.1 Prueba de Componentes

En esta etapa del proceso de diseño mecatrónico planteada en la metodología V-cuadrante y para comprobar el funcionamiento los componentes eléctricos y mecánicos se revisan de manera individual; esto implica la realización de la primera parte de la validación del sistema, donde se busca que los detalles de diseño se cumplan. Los detalles que se revisan son:

- Materiales. Deben confirmar los requisitos relacionados al área del desempeño del dispositivo.
- Calidad de energía deseada, los requisitos individuales cumplen con los requerimientos de calidad solicitados.

- Señal, es la definición de la interfaz mecánica, requerimientos y estructura física del sistema, descripción de los requerimientos mecánicos requeridos.
- Mecanismo, es la definición de la interfaz mecánica, requerimientos y estructura física del sistema.
- Electrónica, se establece la cantidad de voltaje utilizado para el funcionamiento del dispositivo sin afectar a los otros componentes.
- Programación, se realiza de manera modular un análisis de los componentes de programación del sistema, se verifican las entradas y salidas del sistema, además del uso de la versión de programación con mejor capacidad.

4.2.3.2 Prueba de Sistema

En esta sección se describe la etapa de prueba del sistema, en la cual se realizan dos tipos de pruebas: pruebas de grupo y pruebas del sistema. Las pruebas de grupo se refieren a las pruebas de conjuntos de subsistemas de manera simulada para saber si los subgrupos funcionan correctamente. Cuando se validan las pruebas de grupo se realizan las pruebas de sistema, donde se prueban todos los subsistemas de manera conjunta utilizando diferentes parámetros de la validación que se describen a continuación:

- Evaluación de la estructura. Aquí se evalúa el modelo, considerando su consistencia en el nivel de agregación. Es decir, si es consistente al agregar los componentes antes mencionados, y esto se determina a partir de la

simulación. Las conclusiones cambian de manera importante cuando se varían los supuestos en el rango posible de incertidumbre. Sin embargo, esto permite observar el grado de solidez del comportamiento del modelo.

- Análisis de sensibilidad, en este paso se evalúa la pertinencia de los parámetros constantes en contra del conocimiento del sistema real tanto conceptual como numéricamente hablando.
- Prueba de evaluación de parámetros, aquí se estudia la implicación de las políticas establecidas, si es posible alterarlas y si al alterarla afecta el funcionamiento del dispositivo.
- Reproducción del comportamiento, se busca analizar el funcionamiento del sistema con la finalidad de establecerse en un patrón adecuado de conducta, pudiendo evaluarse mediante un juicio cualitativo o estadístico.

4.2.3.3 Pruebas de Aceptación

Para las pruebas de aceptación se debe realizar una repetición de las pruebas en presencia de los grupos de interés, aquí se realizan métodos de validación y se determina si los resultados obtenidos son los que se requieren para el correcto funcionamiento del dispositivo final, comparando los resultados obtenidos en la simulación del sistema, con los datos leídos una vez integrado el prototipo mecatrónico (Sánchez, 2015).

- Seguridad, plantea las actividades destinadas a garantizar las condiciones óptimas de funcionamiento del dispositivo.

- Regulación, son las disposiciones mediante las cuales se regula el mercado, estas marcan las especificaciones que debe cumplir para garantizar la competitividad.
- Ergonomía, aquí se considera al conjunto de conocimientos científicos aplicados para que el trabajo, los sistemas, productos y ambientes se adapten a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de las personas, se revisan aspectos como: Interacción hombre-máquina, el control, la pantalla y las fuerzas que se deben utilizar para el uso del dispositivo.
- Manufactura, es una fase de la producción económica de los bienes.
- Control, examina la manera en cómo el dispositivo se emplea, es decir, examina las funciones que debe cumplir y cómo funciona el manejo de la interfaz.
- Ensamble, se revisa si la estructura está bien ajustada, coordinada o acoplada, además de todas las implicaciones que esta sección implique, tales como la instalación, herramientas a utilizar, hoja de datos, entre otras.
- Sustentabilidad, es la capacidad de satisfacer necesidades de la generación humana actual, sin que esto suponga la anulación de que las generaciones futuras, también puedan satisfacer las necesidades propias algunas características serían la usabilidad, el reciclaje del dispositivo.
- Organización, es un sistema diseñado para alcanzar ciertas metas u objetivos. Estos sistemas a su vez pueden estar conformados por otros subsistemas relacionados que cumplen funciones específicas, en este

punto se señala los temas relacionados a la venta del producto, tales como: el costo de realización y el costo de venta, la aceptación que se tendría en el mercado.

Usualmente esta validación debe realizarse con el cliente o el usuario final del proyecto. Sirve como prueba del cumplimiento de las necesidades de las partes interesadas o el valor del cliente (Graessler y Hentze, 2020).

Con lo anterior quedan establecidos los diferentes componentes que comprenden la metodología V-Cuadrante. En este sentido, cabe señalar que en el caso de que un módulo o subsistema no cumpla con las expectativas deseadas, se deberá ciclar la acción de este hasta lograr la meta, apoyándose en la retroalimentación. Lo que facilita la observación de los errores de programación, diseño o selección de componentes de manera oportuna.

4.3 Diseño de la plataforma digital con las características definidas en la metodología V-Cuadrante

Siguiendo la estructura de la metodología SWIRL se mencionarán los resultados obtenidos a lo largo de su desarrollo.

4.3.1 Análisis

En esta sección se definieron las variables relevantes dentro del desarrollo de la plataforma digital. En la Tabla 15 es posible apreciar las actividades que se plantearon en la parte de análisis:

Tabla 15. Actividades de la fase de análisis. Fuente: Elaboración propia.

Actividades	Descripción
Definición del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Se enfoca en el sistema de almacenamiento de información sobre desarrollo de proyectos mecatrónicos
Modelado de la plataforma	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita el proceso de diseño y documentación de proyectos mecatrónicos • Facilita la visualización de avance y retroalimentación del proyecto. • Los datos quedan almacenados en la plataforma con acceso restringido.
Identificación de interesados	<ul style="list-style-type: none"> • Usuarios desarrolladores de proyectos mecatrónicos en área de investigación o industrial
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Plasmar las actividades del proceso mediante el uso de manuales de uso. • Segmentar roles y tipos de usuarios finales del sistema. • Implementar la matriz de trazabilidad en función de los requerimientos.

4.3.2 Planificación

De acuerdo con el proceso de diseño de la metodología V-Cuadrante y las necesidades que se presentan en el desarrollo de proyectos la plataforma debe ser capaz de:

- Lograr la autenticación del usuario para acceder a los datos del progreso de su proyecto.
- Permitir la visualización de la información a miembros del documento a realizar cambios relativos a la plataforma.

- Creación de carpetas para clasificar los diferentes tipos de proyectos a realizar.
- Observar el avance de desarrollo de los proyectos de manera independiente.
- Agregar a miembros previamente registrados a los documentos que requieran de su colaboración.
- Agregar imágenes, ecuaciones, modificación de tipo de letras de la plataforma.
- El diseño de la plataforma debe ser desarrollado para poder usarse en diferentes dispositivos con la finalidad de poder agregar comentarios al proyecto en cualquier momento.

4.3.3 Modelado

Esta sección contiene la base de datos, el diseño navegacional de la plataforma digital y el modelo conceptual de los procesos que requiere realizar la plataforma para cumplir con las actividades descritas en la planificación.

4.3.3.1 *Diseño de la base de datos*

El diseño de la plataforma se desarrolló a partir de un diseño de programación por capas, las cuales se pueden observar en la Figura 7. Una de las principales ventajas de este estilo es que el desarrollo del proyecto se puede desarrollar en varios niveles y si se requiere algún cambio en la programación se puede modificar sin afectar los

procesos del sistema. La primera capa es la que ve el usuario y le comunica y captura la información (interfaz gráfica), la segunda es donde se reciben las peticiones del usuario y se envía la respuesta de este y la tercera es donde se almacenan o se recuperan los datos del usuario dependiendo del requerimiento solicitado (Figura 7).

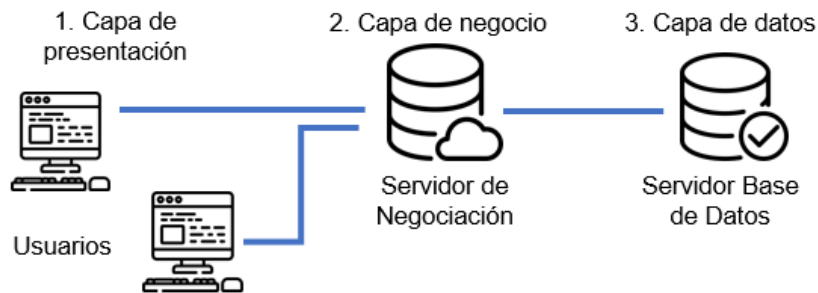


Figura 7. Diseño de capas utilizado en la plataforma digital. Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3.2 Diseño Navegacional

La capa de navegación representa de manera gráfica el comportamiento del sistema para la comprensión y aceptación del proyecto, este proceso incluye el diseño de enlaces de enlaces navegacionales. En la Figura 8 se puede apreciar el diseño navegacional y sus enlaces con las páginas.

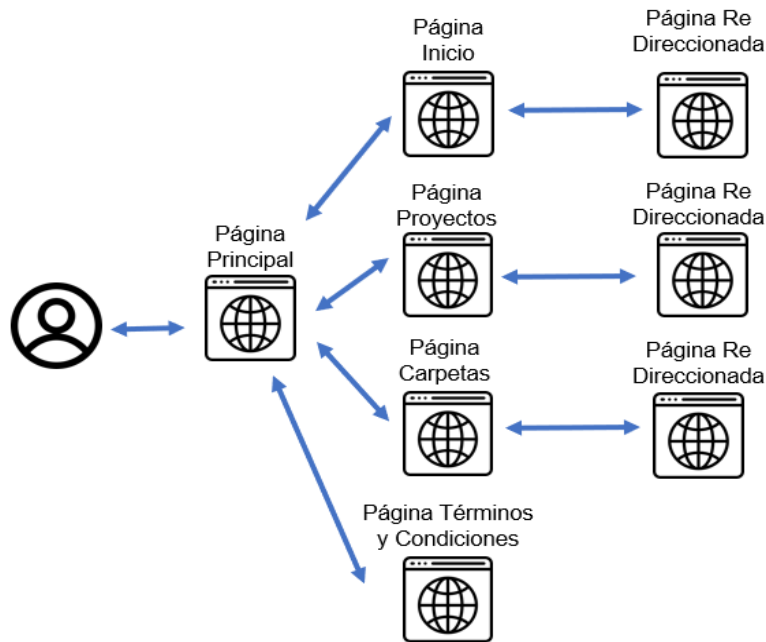


Figura 8. Diseño y enlaces navegacionales del usuario. Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3.3 Diseño de modelo conceptual

A continuación, se reportan los diagramas de flujo de las actividades que se pueden realizar en la plataforma que incluye el registro y login del usuario, creación de un nuevo proyecto, sistema de desarrollo del proyecto, guardar proyectos en carpetas y agregar miembros al proyecto, actividades que permite cumplir con los aspectos por los cuales fue creada esta plataforma.

- **Login y Registro.** Un aspecto importante en la plataforma es su registro ya que sin él no podría realizar sus proyectos mecatrónicos con la plataforma ni acceso a los proyectos que podría ser miembro. En la Figura 9 se observa el diagrama de proceso de login y registro del usuario en caso de que esté o no registrado.

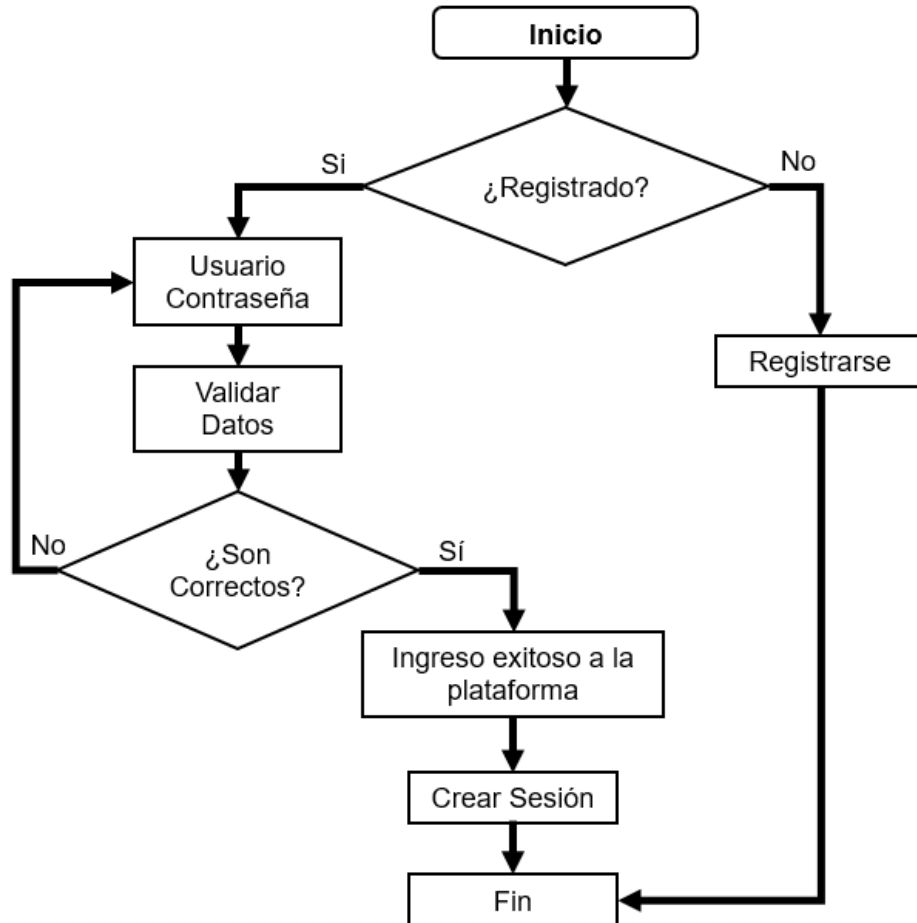


Figura 9. Diagrama de flujo de login y registro del usuario. Fuente: Elaboración Propia.

- Creación de un nuevo proyecto.** Para crear un nuevo proyecto es necesario registrarse, proceso que se visualiza en la Figura 9. Para crear un nuevo proyecto es posible observar el proceso en la Figura 10, el cual describe los pasos que debe realizar el usuario para crear un nuevo proyecto.

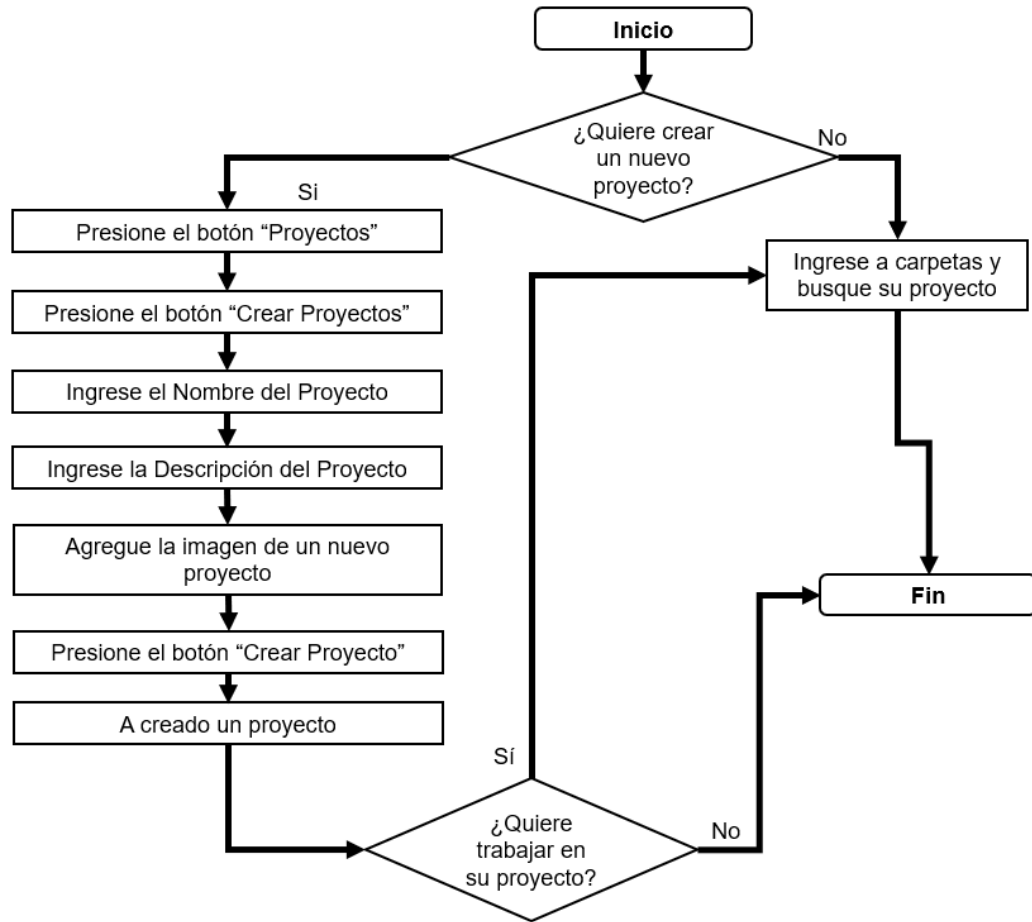


Figura 10. Diagrama de flujo de crear nuevo proyecto. Fuente: Elaboración Propia

- Sistema de desarrollo del proyecto.** En la Figura 11 es posible apreciar el diagrama de flujo para desarrollar un proyecto mecatrónico dentro de la plataforma. La parte de desarrollo de proyecto siguiendo la metodología se puede observar en la Figura 10 con mayor detalle.

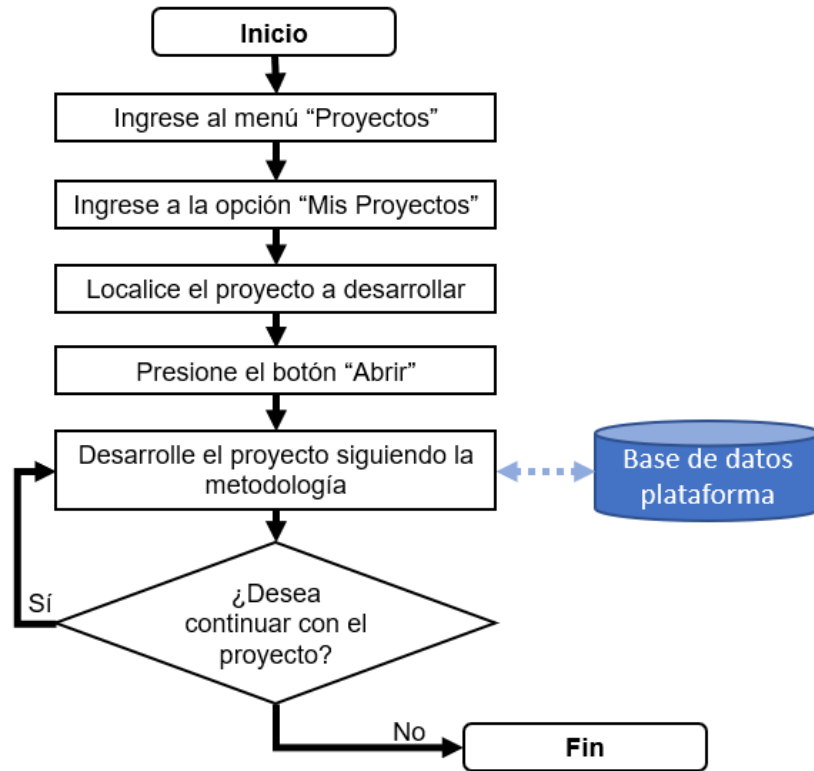


Figura 11. Diagrama de proceso para desarrollar el proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

- **Desarrollo del proyecto siguiendo la Metodología V-Cuadrante.** En la Figura 12 es posible observar el diagrama de proceso del desarrollo del proyecto a realizar con la plataforma, contando con la posibilidad de regresar a los procesos anteriores por si en algún momento falla el sistema pueda regresar a los procesos anteriores para saber si está funcionando correctamente los componentes, procesos y fases seleccionadas, permitiendo tener una memoria de actividades realizadas.

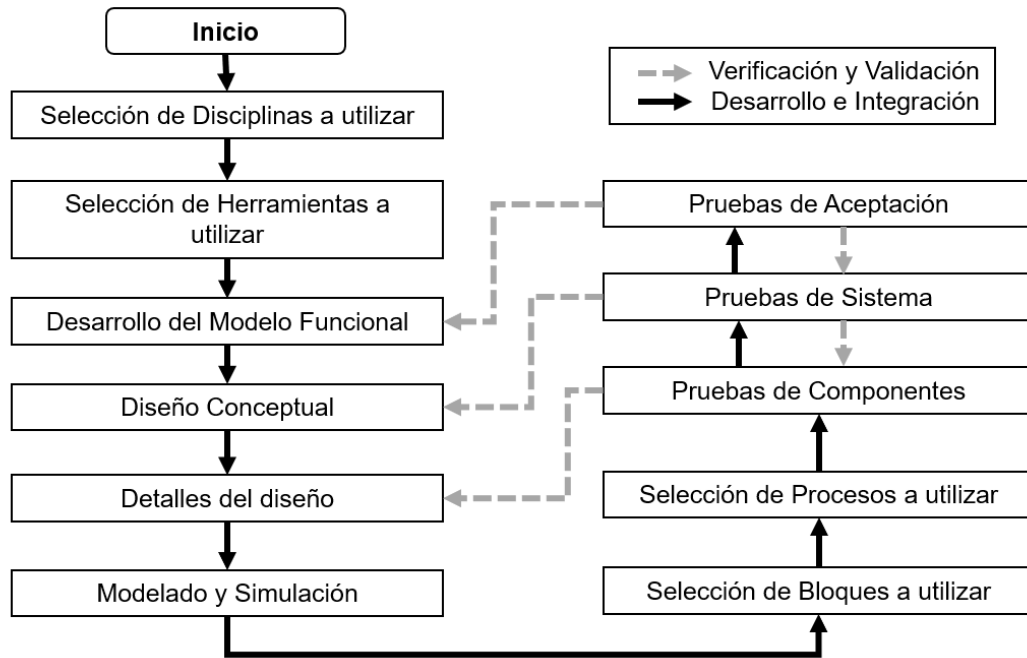


Figura 12. Diagrama del flujo del desarrollo del proyecto mecatrónico siguiendo la Metodología V-Cuadrante. Fuente: Elaboración Propia.

- **Guardar proyectos en carpetas.** En la Figura 13 se muestra el procedimiento para guardar los proyectos en carpetas, esta opción lo que busca es proporcionarle al usuario un espacio ordenado de sus proyectos, permitiéndole clasificar los trabajos por materia, tipo de producto, tipo de desarrollo, por mencionar algunos ejemplos.

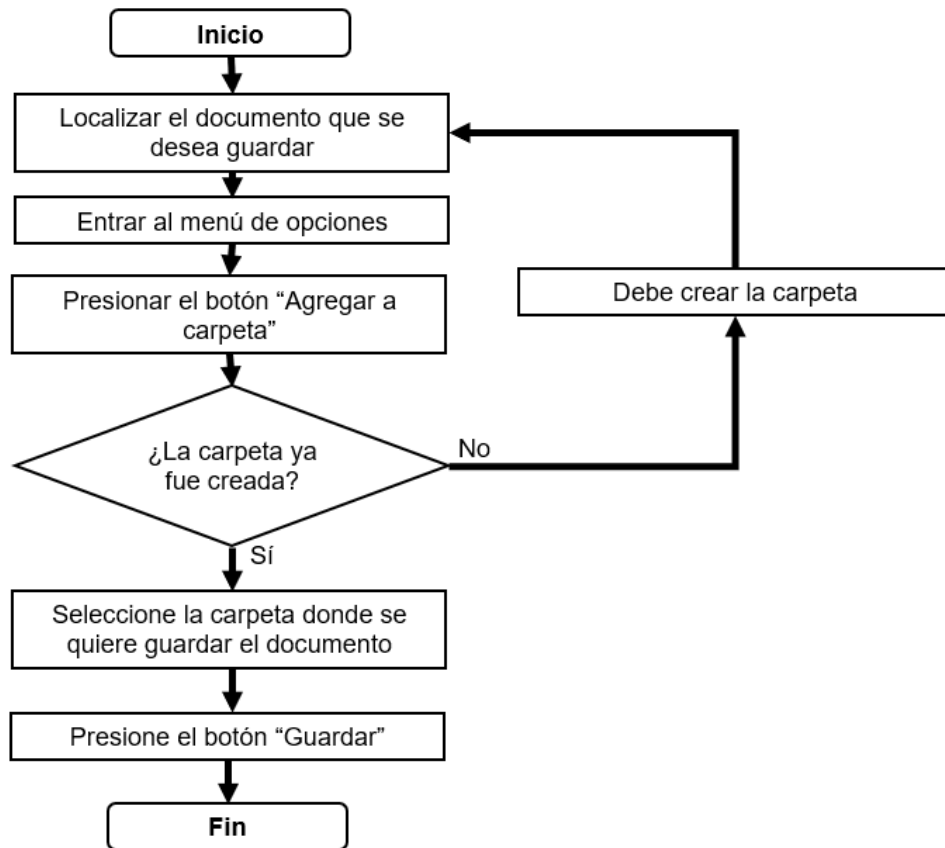


Figura 13. Diagrama de flujo del proceso para guardar proyectos en carpetas en la plataforma digital. Fuente: Elaboración Propia.

- Agregar miembros al proyecto.** Una de las opciones importantes de la plataforma es el poder compartir la información de los avances del proyecto a las personas implicadas en el desarrollo o bien en ocasiones es necesario presentar esos avances al cliente, gerente o docente que imparte una materia que requiera el desarrollo de proyectos mecatrónicos, por ello se creó una función que permite agregar a usuarios previamente registrados en la plataforma, el diagrama de flujo se muestra en la Figura 14.

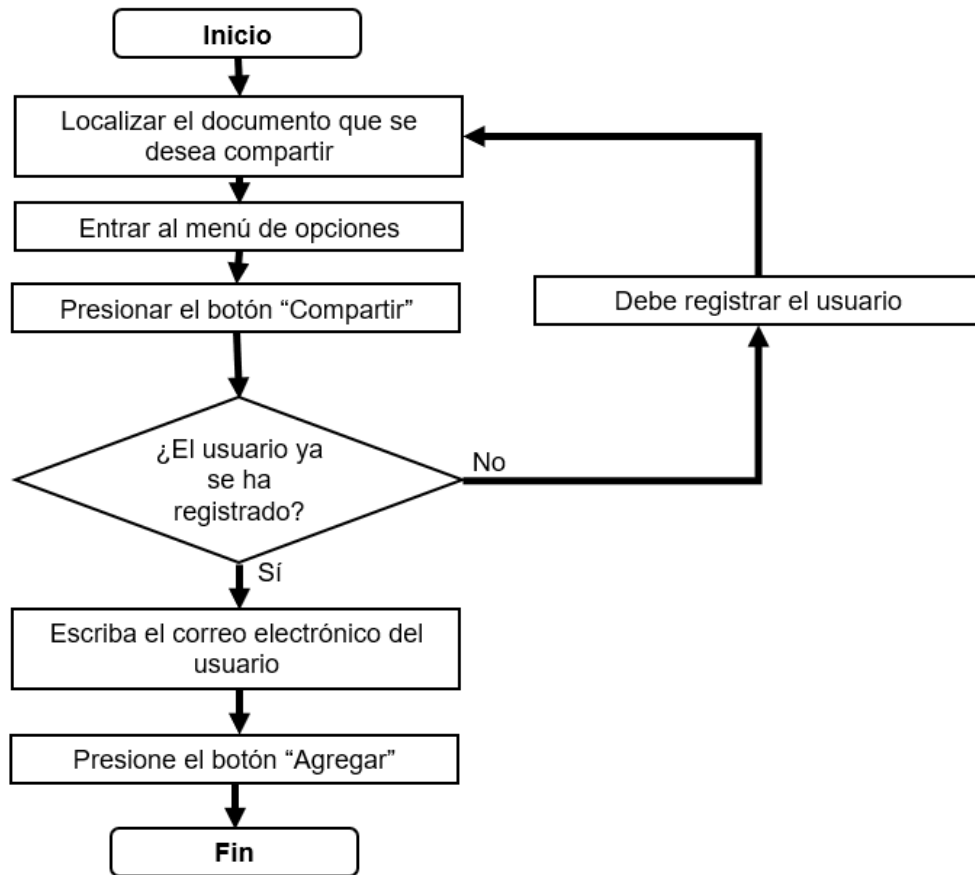


Figura 14. Diagrama de flujo para agregar miembros al proyecto en la plataforma digital. Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4 Implementación

En esta fase se plantea la codificación de las funciones de cada componente de la plataforma digital, describiendo los estándares de la plataforma, el diseño y codificación de las páginas principales con sus respectivas conexiones. En la Figura 15 es posible observar la página principal de la plataforma en donde, a su vez, es posible observar el espacio donde el usuario debe registrarse.

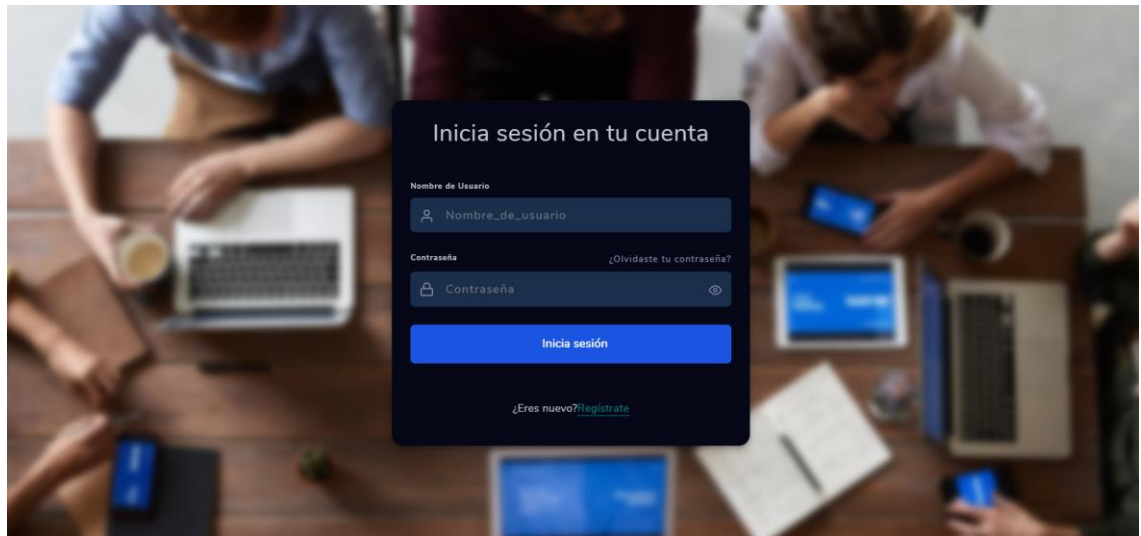


Figura 15. Página principal de la plataforma digital. Fuente: Esta investigación.

En la Figura 16 se puede observar la página de inicio de la plataforma, donde se muestra un video introductorio que explica la importancia del uso de las metodologías para el desarrollo de proyectos mecatrónicos además de los beneficios que ofrece el uso de esta plataforma digital.



Figura 16. Página de inicio de la plataforma digital. Fuente: Esta investigación.

La plataforma digital cuenta con dos actividades importantes: Desarrollo de Proyectos y Carpetas. En la Figura 12 se muestra el procedimiento para el desarrollo de proyectos. En la plataforma se puede observar en el menú “Mis Proyectos” (Figura 17). En esta sección se encuentran todos los proyectos desarrollados en la plataforma digital título del proyecto, una breve descripción del proyecto, la imagen seleccionada por el alumno para el menú de opciones para agregar en una carpeta, compartir o eliminar el proyecto y el porcentaje de avance de este.

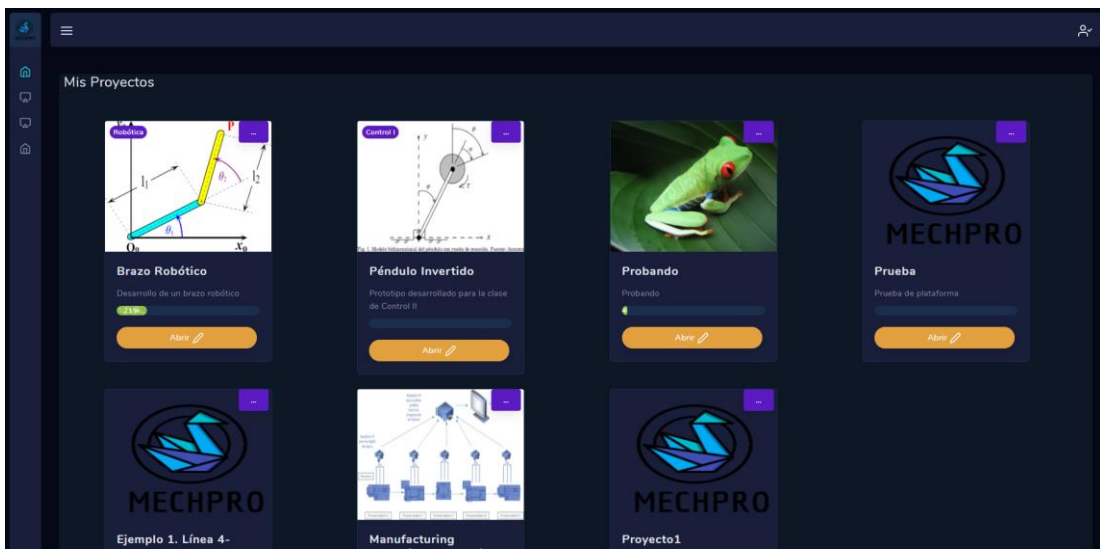


Figura 17. Página de “Mis proyectos” de la plataforma digital. Fuente: Esta investigación.

Para poder almacenar los proyectos es necesario dirigirse a la sección de carpetas, proceso explicado en la Figura 13. Esta actividad se realiza dentro del menú “Mis Proyectos”, la cual genera una ventana emergente para llevar a cabo esta actividad, tal como se muestra en la Figura 18.

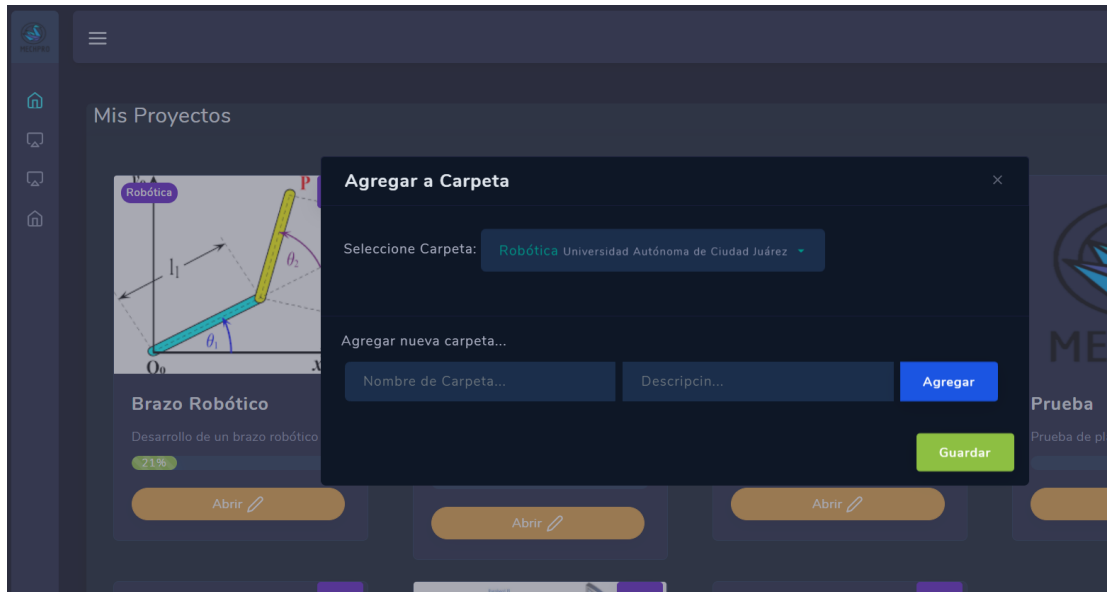


Figura 18. Ventana emergente “Agregar a Carpeta” del menú mis proyectos. Fuente: Esta investigación.

También es posible agregar miembros al equipo de trabajo (Figura 19), proceso que se explica en la Figura 14. Agregar miembros al equipo permitirá que los usuarios puedan trabajar de forma colaborativa, y las acciones que se pueden llevar a cabo son, desde luego, trabajar en equipo o bien visualizar el avance que tienen del proyecto (en caso de ser un proyecto industrial o un producto que se entregará a un cliente).

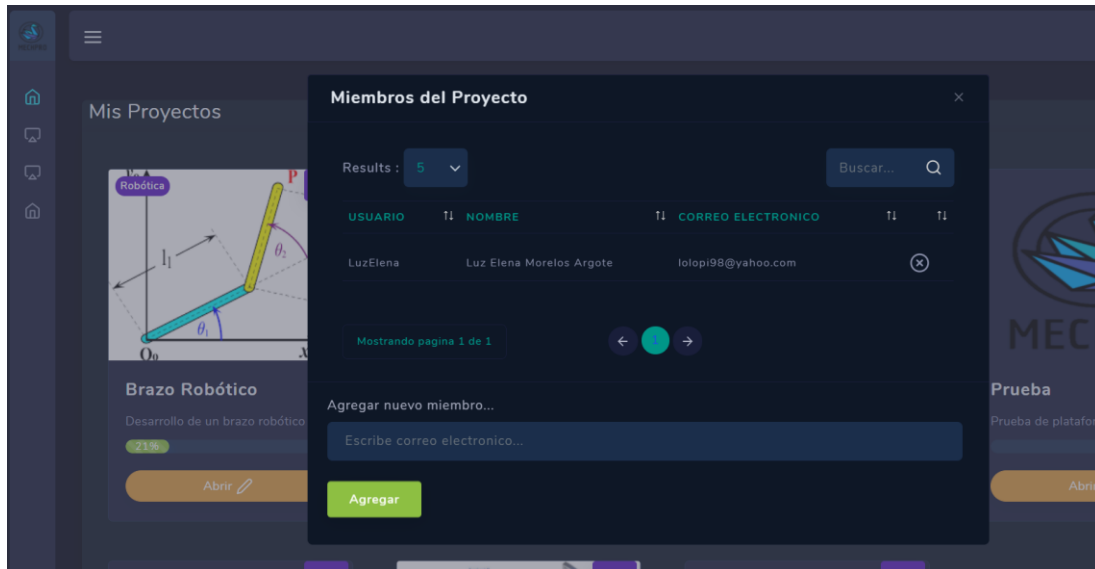


Figura 19. Ventana emergente del botón “Compartir” donde se permite agregar miembros al proyecto seleccionado. Fuente: Esta investigación

4.3.5 Revisión y pruebas

La evaluación de la utilidad del sistema permitió determinar la funcionalidad y estructura de los componentes de la plataforma, esto se llevó a cabo mediante el uso de una encuesta de satisfacción basada en un cuestionario (que en el siguiente apartado se describirá con mayor detalle). Para determinar la utilidad de esta plataforma los usuarios que participaron como expertos realizaron pruebas de funcionamiento dentro de la plataforma, en una sección de la encuesta tenían sección de preguntas abiertas donde describieron aspectos positivos y negativos, y gracias a estos campos se pudo obtener recomendaciones que permitieron realizar las modificaciones correspondientes para mejorar tanto el aspecto visual como el contenido de la plataforma digital.

4.4 Validación de expertos

En este apartado se obtuvieron los datos resultantes de la aplicación de la encuesta de satisfacción realizada, los expertos seleccionaron la respuesta que consideraron adecuada respecto a los criterios de funcionalidad y estructura descritos en la encuesta de satisfacción, estos resultados permitieron no solo saber la utilidad de la plataforma si no también mejorar su estructura, visualización y los diferentes apartados proporcionados.

Con el fin de validar el entendimiento de las preguntas desarrolladas en la encuesta de satisfacción se realizó un estudio de Alfa de Cronbach obteniendo un resultado de 0.9109 (Figura 20) y como se mencionó en la revisión de literatura, el resultado se encuentra en un valor aceptable indicando que los expertos involucrados en contestar la encuesta de satisfacción entendieron las preguntas y al superar el 0.80 hablamos de que la encuesta de satisfacción es fiable.

Estadísticas totales y de elementos

Conteo				Conteo			
Variable	total	Media	Desv.Est.	Variable	total	Media	Desv.Est.
P1	15	4.20	0.68	M11	15	4.53	0.64
P2	15	4.40	0.74	M12	15	4.20	0.77
P3	15	3.93	0.96	M13	15	4.33	0.72
P4	15	4.73	0.46	M14	15	4.27	0.80
P5	15	4.33	0.90	M15	15	4.27	0.80
P6	15	3.67	0.90	M16	15	4.53	0.74
P7	15	3.73	0.80	M17	15	4.60	0.63
G1	15	4.13	0.92	M18	15	4.20	0.86
G2	15	3.80	0.94	M19	15	4.47	0.64
G3	15	4.53	0.83	M20	15	4.40	0.63
G4	15	4.20	1.08	M21	15	4.27	0.80
M1	15	4.20	0.77	M22	15	4.47	0.52
M2	15	4.07	0.70	M23	15	4.27	0.59
M3	15	3.87	0.92	M24	15	4.47	0.64
M4	15	4.07	0.70	M25	15	4.53	0.64
M5	15	4.40	0.74	M26	15	4.53	0.52
M6	15	4.67	0.62	M27	15	4.27	0.80
M7	15	4.47	0.74	Total	15	163.47	13.71
M8	15	4.40	0.51				
M9	15	4.60	0.63				
M10	15	4.47	0.74				
				Alfa de Cronbach = 0.9109			

Figura 20. Alfa de Cronbach. Fuente: Minitab

En apartados anteriores se señaló que la evaluación se dirige a medir la utilidad de tres componentes principales: la plataforma digital, la guía de uso y la metodología V-Cuadrante. Con el fin de obtener una mejor visualización de los resultados estadísticos y las recomendaciones por parte de los expertos, se separaron los resultados en los componentes previamente mencionados. Los porcentajes obtenidos en los resultados estadísticos obtenidos en Excel representan la cantidad de personas que dieron cada respuesta como una proporción del número de personas que respondieron la pregunta, además, en cada sección se agregarán las recomendaciones obtenidas por parte de los expertos en la encuesta de satisfacción indicando el experto con las siglas “E” seguido del número del experto que realizó el comentario.

Los resultados globales se resumirán en una sola tabla y además se se representará gráficamente el grado de acuerdo de la utilidad de la plataforma digital para una mejor interpretación.

4.4.1 Utilidad de la plataforma digital

En la Tabla 16 es posible apreciar los resultados de la encuesta en conforme la evaluación de utilidad de la Plataforma Digital en los atributos; Funcionalidad y Estructura. Donde se obtuvo un 83.56 % de funcionalidad y un 82.33 % teniendo como resultado de 82.94% de utilidad en la plataforma digital.

Tabla 16. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar la utilidad de la plataforma digital en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.

Experto	Funcionalidad			Estructura			
	01	02	03	04	05	06	07
1	4	5	5	5	3	3	4
2	5	5	4	4	5	4	4
3	4	4	4	5	5	4	4
4	5	5	3	5	4	4	4
5	4	5	3	5	5	4	4
6	4	4	3	4	4	3	4
7	3	3	5	5	2	4	3
8	4	4	4	4	4	4	4
9	5	4	5	5	5	4	4
10	4	5	4	5	5	4	4
11	5	5	3	5	5	5	5
12	4	4	5	4	5	5	4
13	4	3	4	5	4	3	4
14	5	5	5	5	5	2	2
15	3	5	2	5	4	2	2
Total (%)	84.00	88.00	78.67	94.67	86.67	73.33	74.67
Promedio (%)	83.56			82.33			
Utilidad (%)	82.944						

En el caso de la plataforma digital se recibieron las siguientes observaciones, recomendaciones y propuestas de mejora por parte de los expertos:

- E1. “La interfaz es buena pero el contenido no esta claramente explicado.”
- E2. “Que el lenguaje de la herramienta sea más clara y sencilla, para que la puedan utilizar personas enfocadas a la industria e integración con diferentes habilidades. Podrían hacerse ya oraciones predeterminadas y que se fuera llenando la información como si fuera un Wizard.”
- E3. “Se puede implementar una guía de pasos para que el usuario vaya alimentando el sistema paso por paso.”
- E9. “La plataforma se tiene que ajustar a las necesidades del usuario en el uso de terminología y palabras que sean familiares para quien va dirigido. A lo mejor se debe de adecuar la cantidad de texto e información. Se puede revisar el proceso que hacen los llamados "Wizards" de los programas o plataformas donde ya cierta información se puede llenar de manera autónoma y que, en base al tipo de desarrollo mecatrónico, ya tenga información predeterminada.”
y “Un color más claro y llamativo”.
- E11. “Si es posible ligarse a un timing general de proyecto (tipo MS Project) sería de mucha ayuda”.
- E13. “Que al ingresar a la plataforma se visualicen por default los proyectos o carpetas.”

4.4.2 Utilidad de la Guía de Uso

En la Tabla 17 es posible apreciar los resultados de la encuesta conforme a la evaluación de Utilidad de la Guía de Uso (Anexo B) en los atributos; Funcionalidad y Estructura. Los resultados obtenidos es un 79.33% en cuanto a funcionalidad y un 87.33 % en Estructura, al promediar ambos resultados obtenemos como resultado un 83.33% de Utilidad en la Guía de Uso.

Tabla 17. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar la utilidad de la guía de uso en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.

Experto	Funcionalidad		Estructura	
	08	09	10	11
1	4	4	5	3
2	4	4	4	5
3	5	4	5	5
4	4	4	5	4
5	3	2	5	5
6	3	3	4	4
7	5	4	5	2
8	4	4	4	4
9	5	4	5	5
10	4	4	5	5
11	5	5	5	5
12	5	5	4	5
13	4	3	5	4
14	5	5	5	5
15	2	2	2	2
Total (%)	82.67	76.00	90.67	84.00
Promedio (%)	79.333		87.333	
(%) Utilidad	83.33 %			

En el caso de la Guía de Uso recibieron las siguientes observaciones, recomendaciones y propuestas de mejora por parte de los expertos:

- E03. “La guía esta muy completa. Sería cuestión de mejorar la redacción ya que algunas secciones están escritas en primera persona y otras en tercera persona. Al igual en el texto que acompaña a las imágenes, algunos títulos son en letras blancas, otros en azul y subrayados. Esto para mostrar consistencia”.
- E04. “Se requiere un conocimiento previo desarrollando este tipo de proyecto”.
- E06. “Sin duda es comprensible la guía y las fotografías de indicaciones, sin embargo, considerar una guía en video podría ser una buena opción, pensando en que el contenido en video es muy efectivo en el diseño web.”
- E07. “Como tutorial introductorio del sistema me parece muy bien, además complementa la información en la herramienta final.”
- E10. “Ver si es posible tener acceso a la guía desde la plataforma. Que exista un vínculo para su acceso desde la plataforma.”

4.4.3 Utilidad de Metodología V-Cuadrante

En esta sección debido a la cantidad de preguntas desarrolladas para evaluar la estructura de la Metodología V-Cuadrante se dividirá en dos partes; en la Funcionalidad de la Metodología (Tabla 18) y la evaluación de la Estructura. La evaluación de la Estructura se dividirá en las tres fases principales de la Metodología V-Cuadrante donde, la Tabla 19 representa la Fase de Especificación del Proyecto,

la Tabla 20 representa la Fase de Modelado y Análisis y la Tabla 21 representa la Fase de Integración del Sistema y Verificación. La Tabla 22 muestra los porcentajes obtenidos de manera resumida el promedio de las preguntas y finalmente la utilidad de la Metodología V-Cuadrante. Cada fase contó con un espacio para que los expertos escribieran observaciones, recomendaciones en relación con cada categoría y con el fin de continuar el modo sistemático en cada fase se escribieron los comentarios observados. A continuación, se describe brevemente cada tabla.

La Tabla 18 muestra los resultados obtenidos a partir de las preguntas planteadas para evaluar la funcionalidad de la Metodología V-Cuadrante donde se obtiene un promedio de 81% en Funcionalidad.

Tabla 18. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar el atributo de Funcionalidad para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.

Experto	Funcionalidad			
	12	13	14	15
1	5	5	5	5
2	4	3	3	4
3	3	4	4	4
4	5	4	3	4
5	4	4	4	4
6	3	3	3	3
7	3	4	4	3
8	5	3	4	4
9	4	4	4	3
10	5	5	5	5
11	5	5	5	5
12	5	5	5	5
13	4	4	3	4
14	4	4	2	4
15	4	4	4	4
Total (%)	84.00	81.33	77.33	81.33
Promedio (%)	81.00			

En el caso de la Metodología V-Cuadrante en la Funcionalidad del proyecto se recibieron las siguientes observaciones, recomendaciones y propuestas de mejora por parte de los expertos:

- E04. “Es general me parece un trabajo y aportación importante, las etapas que involucra la metodología V, me parecen completas y suficientes, creo que seguir metodologías para la creación garantizan que el diseño del sistema mecatrónico sea óptimo. Algún video instruccional o ejemplo de aplicación, o un estudio de caso, pudiera ser de mucha utilidad para entender completamente el propósito y la utilidad del proyecto, es entendible su complejidad porque es un sistema que trabaja con tantas etapas y proceso”.
- E11. “La metodología está bien establecida para el desarrollo y validación de un proyecto, es de gran utilidad tener la visibilidad del proyecto con este detalle requerida”.
- E12. “La metodología V-cuadrante es una herramienta completa y muy importante, sin embargo, hay que estar abiertos a enriquecerla y utilizar herraminetas adicionales en caso de que el proyecto así lo requiera”.

La Tabla 19 representa las preguntas desarrolladas para evaluar la primera fase de la estructura de la Metodología V-Cuadrante; Especificación del Proyecto, donde se obtiene un promedio de Disciplinas (D) del 88%, Herramientas (H) del

93.3%, Modelo Funcional (MF) de 89.78%, Diseño Conceptual (DC) del 87.67% y Detalles de Diseño (DD) del 85.33%, dando como resultado el porcentaje de Estructura de la fase La Especificación de Proyecto del 88.4%.

Tabla 19. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar el atributo de Estructura de la Fase 1: Especificación del proyecto para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.

	Estructura										
	D	H	MF			DC				DD	
Experto	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	5	5	5	4	4	5	4	4	4	4	4
3	5	5	5	4	4	5	3	3	3	4	3
4	3	5	3	4	5	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5
6	5	5	5	5	5	3	5	3	3	2	3
7	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4
8	4	4	4	4	5	3	5	3	5	4	4
9	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
10	4	3	4	4	5	4	4	4	4	4	3
11	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	4	5	3	4	3	5	4	4	4	4	5
14	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Total (%)	88.0	93.3	89.3	88.0	92.0	89.3	90.6	84.0	86.6	85.3	85.3
Categoría (%)	88.0	93.3	89.78			87.667				85.33	
Promedio (%)	88.822										

En el caso de la Metodología V-Cuadrante en la Fase Especificación del proyecto se recibieron las siguientes observaciones, recomendaciones y propuestas de mejora por parte de los expertos (sección dividida por los comentarios recibidos en cada categoría):

❖ Disciplinas:

- E03. “Poder agregar más disciplinas, ya que algunas no se consideraron y se van generando más. Poder identificar las disciplinas seleccionadas de una mejor manera visual”.
- E12. “Requerimientos del consumidor debe expandirse un poco más ya que son los requisitos que el proyecto debe cumplir para garantizar la satisfacción del cliente, es importante que aquí haya un documento con detalles del requerimiento real”.

❖ Herramientas:

- E03. “Poder agregar más herramientas, ya que algunas no se consideraron y se van generando más. Poder identificar las herramientas seleccionadas de una mejor manera visual”.
- E12. “Las herramientas listadas son las de mayor uso, sin embargo, no son las únicas, podría expandirse este tópico considerando una sección de herramientas globales donde el diseñador pueda agregar alguna herramienta específica al proyecto”.

❖ Modelo Funcional:

- E03. “En cualidades del proyecto incluiría apartados como alcance y justificación. Para requerimientos del consumidor agregaría alguna opción relacionada con costos”.

❖ Diseño Conceptual:

- E02. “Falta una descripción detallada de lo que se solicita “.
- E03. “Creo que este apartado puede mejorar, ya que es algo confuso. Los conceptos o categorías que se manejan no son tan claros por lo que veo difícil llenarlos. Se debería buscar ir de lo general a lo particular para crear un diseño conceptual más sólido”.

❖ Detalles de Diseño:

- E03. “Poder agregar más categorías”.
- E06. “Dependiendo del tipo de producto en cuestión, estas preguntas pueden aplicar o no aplicar”.
- E12. “Los detalles son importantes para el cliente final o no solo deben quedar documentados en la especificación sino también los documentos que se entreguen al cliente durante la liberación del proyecto”.

La Tabla 20 representa las preguntas desarrolladas para evaluar la segunda fase de la estructura de la Metodología V-Cuadrante; Modelado y Análisis donde se obtiene un promedio de Modelado (M) del 91.33% y Simulación (S) de 86.67% dando como resultado el porcentaje de Estructura de la fase Modelado y Análisis de 89.00%.

Tabla 20. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar el atributo de Estructura de la Fase 2: Modelado y Análisis para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción. Fuente: esta investigación.

	Estructura			
	M		S	
Experto	27	28	29	30
1	5	5	5	5
2	5	5	4	4
3	5	4	5	4
4	5	5	5	5
5	5	5	5	5
6	5	3	3	3
7	3	5	3	4
8	5	5	3	5
9	5	5	3	5
10	4	4	4	4
11	4	5	5	5
12	5	5	5	4
13	3	4	4	5
14	5	5	5	5
15	4	4	4	4
Total (%)	90.67	92.00	84.00	89.33
Categoría (%)	91.33		86.67	
Promedio (%)	89.00 %			

En el caso de la Metodología V-Cuadrante en la Fase Modelado y Análisis del proyecto se recibieron las siguientes observaciones, recomendaciones y propuestas de mejora por parte de los expertos (sección dividida por los comentarios recibidos en la categoría que recibe comentarios):

❖ Simulación:

- E12. “En la simulación también deben tenerse en cuenta los componentes electrónicos del proyecto para confirmar su viabilidad”.

La Tabla 21 representa las preguntas desarrolladas para evaluar la tercera fase de la estructura de la Metodología V-Cuadrante; Integración del Sistema y Verificación, donde se obtiene Bloques (B) tiene 88%, Proceso (P) 85%, Pruebas de Componentes (PC) del 87.33%, Pruebas del Sistema (PS) del 90% y Pruebas de Aceptación (PA) del 88% dando como resultado el porcentaje de Estructura de la fase Integración del Sistema y Verificación de 87.73%.

Tabla 21. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando cada pregunta para evaluar el atributo de Estructura de la Fase 3: Integración del Sistema y Verificación para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de

	Estructura							
	B	P	PC		PS		PA	
Experto	31	32	33	34	35	36	37	38
1	5	5	5	5	5	5	5	5
2	3	3	4	4	4	4	4	3
3	5	5	5	4	5	5	5	4
4	4	3	4	4	5	5	5	5
5	5	4	5	5	5	5	4	4
6	4	5	5	4	4	4	4	3
7	4	4	5	5	4	5	5	4
8	5	4	4	4	5	5	5	5
9	5	5	4	3	4	5	4	4
10	4	4	4	4	4	4	4	3
11	5	5	5	5	5	4	4	5
12	4	5	4	4	5	5	5	5
13	4	3	4	4	3	3	5	5
14	5	5	5	5	5	5	5	5
15	4	4	4	4	4	4	4	4
Total (%)	88.0	85.3	89.3	85.3	89.3	90.6	90.6	85.3
Categoría (%)	88.0	85.3	87.33		90.00		88.00	
Promedio (%)	87.73							

En el caso de la Metodología V-Cuadrante en la Fase Especificación del proyecto se recibieron las siguientes observaciones, recomendaciones y propuestas de mejora

por parte de los expertos (sección dividida por los comentarios recibidos en cada categoría:

❖ Bloques:

- E02. “Poder agregar más bloques”.
- E14. “Definir adecuadamente los bloques”.

❖ Proceso:

- E14.” Falta Producto y Proceso. Evaluar la conjunción de PDM y ERP, pues ambos sistemas manejan cosas distintas”.

❖ Pruebas de Componentes:

- E02. “Poder agregar más componentes”.
- E14. “La prueba de materiales está embebida en la prueba de mecanismos. Se podría plantear pruebas en el siguiente orden: Mecanismos, electrónica, Señales (control) y programación software”.

❖ Pruebas del Sistema:

- E07. “Considera posible anexar algún apartado que denote el alto consumo de tiempo que demanda esta sección? Me parece una parte para tener en cuenta dentro del desarrollo de proyectos”.

❖ Pruebas de Aceptación:

- E01. “Dentro de las pruebas de aceptación se podría considerar las FAT (Factory Acceptance Test) o pruebas que se hacen de fábrica y las SAT (Site Acceptance Test) o pruebas que se hacen en el sitio”.
- E03. “Agregar un apartado de aceptación estadística”.
- E13. “Existen muchos más o muchos mejores requerimientos, dependiendo del tipo de producto y proyecto”.
- E14. “Hay que avisar que es una sección más que crítica si se trabaja en una integración de equipo”.

En la Tabla 22 se reportan los datos recabados de manera resumida de los dos rubros evaluados: Funcionalidad y Estructura de la Metodología V Cuadrante, donde el 81.0% corresponde a la Funcionalidad y el 88.52% a la Estructura. Obteniendo así un porcentaje promedio de 84.76% en relación con la utilidad en la Metodología V-Cuadrante.

Tabla 22. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando el promedio obtenido en la Funcionalidad y los tres promedios obtenidos de la Estructura para calcular la utilidad de la metodología V-Cuadrante en la Escala de Likert de la encuesta de satisfacción

	Funcionalidad	Estructura		
		F1	F2	F3
Total (%)	81.00	88.82	89.0	87.73
Categoría (%)	81	88.519		
Promedio (%)	84.759			

4.5 Análisis de resultados

La encuesta de satisfacción desarrollada en esta investigación cuenta con dos tipos de datos; cuantitativos y cualitativos, para generar un mejor análisis de resultados se dividió en esas secciones, donde los datos cuantitativos permitieron realizar un análisis de utilidad de la plataforma y los datos cualitativos permitieron obtener información con mayor detalle en cada fase y categoría de los componentes.

4.5.1 Análisis de resultados cuantitativos

La Tabla 23 es una síntesis de los promedios obtenidos en los componentes analizados en la validación de expertos, donde es posible observar que la utilidad de la Plataforma es de 82.94%, la Guía de Uso es de 83.33% y la Metodología V-Cuadrante es de 84.75% y el porcentaje de utilidad total es de 83.679%. Representación presente en la Figura 21.

Tabla 23. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando el promedio obtenido en la Funcionalidad y Estructura para calcular la utilidad de la plataforma digital

Componente	Funcionalidad	Estructura	% Utilidad
Plataforma	83.56	82.33	82.94
Guía de Uso	79.33	87.33	83.33
Metodología	81.00	88.51	84.75
		% Utilidad Total	83.679

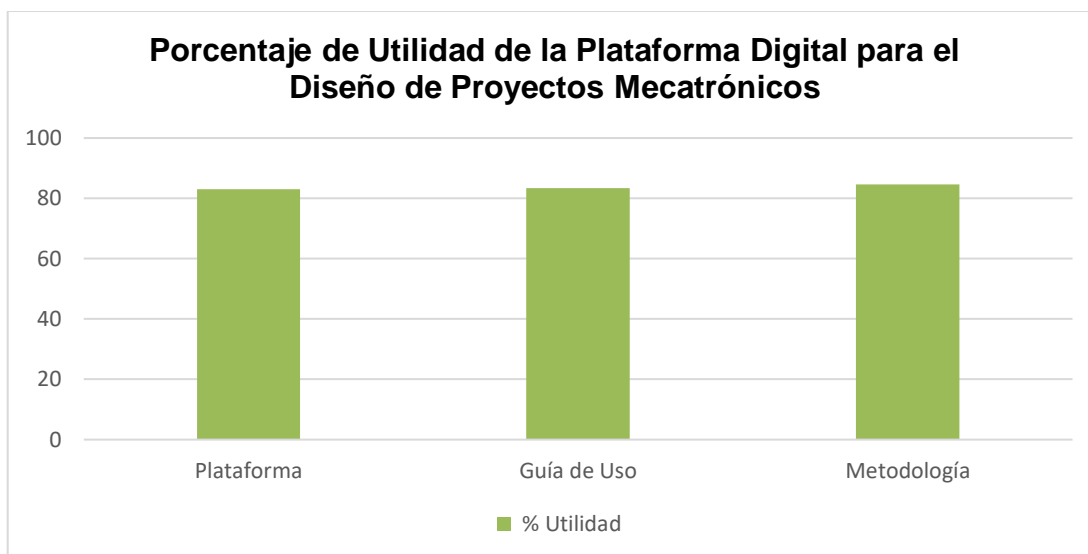


Figura 21 Porcentaje de Utilidad de la Plataforma Digital para el Diseño de Proyectos Mecatrónicos. Fuente: Esta investigación

Para reforzar el análisis anterior es posible observar en la Tabla 24 el porcentaje de la escala Likert obtenido en la Encuesta de Satisfacción. Representación presente en la Figura 22, donde se muestra que el 85.96% de las encuestas de satisfacción determinan un acuerdo en la utilidad de la plataforma digital para el diseño de proyectos mecatrónicos, así como el 11.58% permanece en opinión neutra y menos del 3% se encuentra en desacuerdo.

Tabla 24. Resultados estadísticos obtenidos en Excel, representando su porcentaje en la Escala de Likert de la Encuesta de Satisfacción. Fuente: Esta investigación

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
% Total	0	2.45614	11.57	39.29	46.6667
Escala Likert	2.45614		11.57	85.96	
	Desacuerdo		Neutro	De acuerdo	

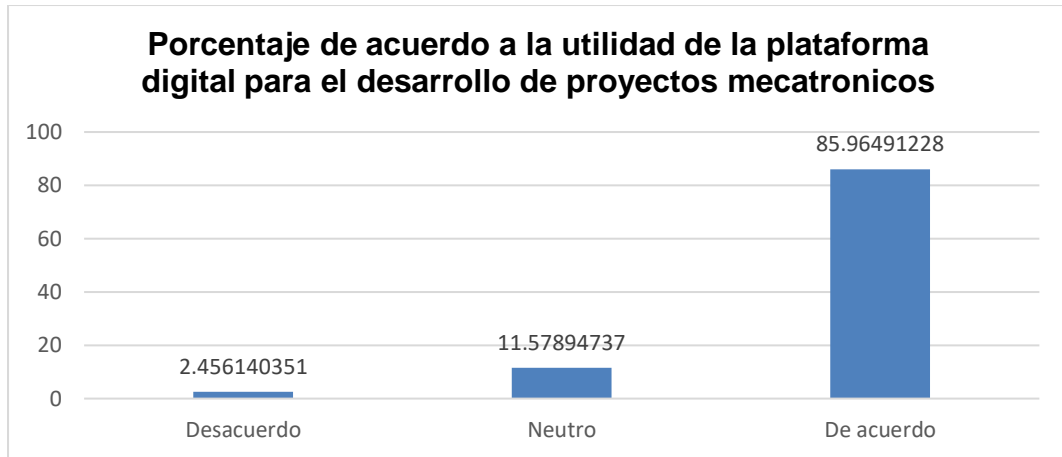


Figura 22. Porcentaje de acuerdo con la utilidad de la caja de herramientas. Fuente: esta investigación.

4.5.2 Análisis de datos cualitativos

Si bien los resultados obtenidos describen que la plataforma cumple con la utilidad, es necesario realizar mejoras en la estructura tanto visual como de contenido para que sea una plataforma más robusta y con ello poder utilizarse en campo, a continuación, se mencionan algunas mejoras solicitadas conforme a las recomendaciones brindadas por los expertos. Siguiendo el orden del documento se divide en tres secciones: Plataforma Digital, Guía de Uso de la Plataforma y Metodología V-Cuadrante.

- **Plataforma Digital**

En la plataforma digital una de las solicitudes es mejorar la página principal de la plataforma donde el usuario pueda visualizar fácilmente la función de la plataforma, además de agregar herramientas adicionales que permita tener mayor visualización en los integrantes de los proyectos, avance de los proyectos y un calendario de actividades. La sección del desarrollo de

metodología requiere que la interfaz sea más intuitiva para que el usuario llene correctamente los campos seleccionados, además de una visualización de porcentaje más exacta y de manera sistémica y el módulo de retroalimentación tenga mayor detalle.

- **Guía de Uso de la Plataforma**

Si bien la guía de uso de la plataforma fue la mejor valorada en cuanto a la utilidad, se hicieron comentarios en cuanto a la manera de redacción donde se encontró una mezcla de redacción en primera y tercera persona, además se solicitó homogeneidad en las imágenes en cuanto a colores y de ser posible transformar la guía de uso en videos como mejora futura.

- **Metodología V-Cuadrante**

De los tres componentes la metodología V-Cuadrante fue la que requería una mayor cantidad de modificaciones. Una de las solicitudes principales es permitir al usuario agregar categorías en Disciplinas, Herramientas, Bloques y Procesos, ya que las opciones que están establecidas cumplen con las especificaciones básicas de ciertos prototipos pero, para componentes con mayor grado de dificultad se deben utilizar otros sistemas, además de conceptos descritos con mayor detalle en algunas categorías y describir con mayor claridad las definiciones con la finalidad de que el usuario entienda un lenguaje más sencillo, además de agregar ejemplos que permitan al usuario identificar de manera más fácil lo requerido en los campos que debe de llenar.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si bien, en la literatura se encontraron gran diversidad de metodologías reportadas por distintos autores, donde plantean como objetivo el desarrollo de proyectos mecatrónicos, con dichas metodologías no siempre se tiene el éxito esperado debido a que no se desarrollan en el contexto apropiado, un análisis deficiente, no se toman a cuenta las alternativas existentes, así como imprevistos que se presentan durante el desarrollo del proyecto. La importancia de este trabajo radica en resolver los problemas que se pueden presentar durante el desarrollo de proyectos a través de la generación de una memoria que permita retroalimentar, esto se puede lograr por medio de una plataforma digital que integre una metodología de diseño mecatrónico V-Cuadrante que permita la gestión, almacenamiento, control y retroalimentación de la información, como la que en esta investigación se propone, cuyo fin es aumentar la precisión y disminuir los errores en el proceso de diseño.

El análisis de la revisión de literatura permitió observar que existe un área de oportunidad para hacer investigación y mejora de las metodologías y desarrollo de herramientas reportadas en los últimos años. Se espera que este trabajo sea una referencia para investigaciones futuras analizando los indicadores asociados con la transferencia tecnológica y el uso de tecnología de campos intuitivos. La aplicación de la metodología propuesta busca potencializar el diseño mecatrónico, favoreciendo a los participantes en el proceso, generando una mejor vinculación.

Al realizar el análisis estadístico se determinó con un Alfa de Cronbach del 0.9109 la fiabilidad de la encuesta de satisfacción y mediante esa encuesta de satisfacción aplicada a 15 expertos que trabajan en el desarrollo, manejo e implementación de productos mecatrónicos se obtuvo una utilidad de la plataforma digital del 83.6% con lo que se concluye que la plataforma digital resulta de utilidad para el diseño y desarrollo de proyectos mecatrónicos.

Si bien el acuerdo de utilidad fue aceptable, se debe de realizar modificaciones adicionales propuesta por los expertos en la plataforma para tener así una plataforma robusta y flexible con la finalidad de poder abarcar mayor cantidad de proyectos, con diversos tipos de complejidad. Una vez realizados los cambios, la plataforma digital se debe volver a evaluar con una encuesta de satisfacción para validar su nueva estructura. Para validar su efectividad y utilidad a usuarios finales necesario pasar por varias pruebas de funcionamiento y análisis de los componentes, esta evaluación podría realizarse en una clase prueba donde la mitad de los estudiantes usen la herramienta para el desarrollo de su proyecto mecatrónico y la otra mitad no la utilice, comparando así, el desempeño desarrollado y los avances realizados en los proyectos en conjunto con una encuesta de satisfacción a los usuarios que utilicen la plataforma digital. Después de hacer estas mejoras será posible hacer el registro formal de la plataforma digital y desarrollar un algoritmo evolutivo que permita definir proyectos específicos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M. (2013). *Panorama de la Responsabilidad Social en México*.
- Almonte, M. (2017). *Requisitos y claves para elegir una plataforma online (LMS) para FUNDAE*. Aprendizaje En Red. <https://aprendizajeenred.es/fundae-requisitos-plataforma-online-lms/>
- Anacker, H., Dumitrescu, R., Gausemeier, J., Iwanek, P., & Schierbaum, T. (2014). Methodology for the Identification of Potentials for the Integration of Self-optimization in Mechatronic Systems. *Procedia Technology*, 15, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.09.030>
- Ariza, R., Ramírez, R., Paterson, F., Secchi, M., Siro, J., & Vigna, A. (2009). Proceso de diseño: Fases para el desarrollo de productos. *Boletín Informativo*, 1, 1–14. http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/n141_proceso.pdf
- Balfagih, Z., & Hassan, M. F. (2009). Quality model for web services from multi-stakeholders' perspective. *Proceedings - 2009 International Conference on Information Management and Engineering, ICIME 2009*, 287–291. <https://doi.org/10.1109/ICIME.2009.11>
- Behbahani, S., & de Silva, C. W. (2008). System-based and concurrent design of a smart mechatronic system using the concept of mechatronic design quotient (MDQ). *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 13(1), 14–21. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2007.915058>
- Behbahani, S., & De Silva, C. W. (2013). Mechatronic design evolution using bond graphs and hybrid genetic algorithm with genetic programming. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 18(1), 190–199.

<https://doi.org/10.1109/TMECH.2011.2165958>

Bishop, R. (2008). *Mechatronic systems, sensors and actuators*.

blanco-ortega, A., gómez-becerra, F., Magadan-Salazar, A., & Guzmán-Valdivia, C. (2018). Diseño de Sistemas Mecatrónicos: Prototipos Virtuales. *ResearchGate*, November.

Cabero-Almenara, J., & Llorente Cejudo, M. (2013). La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Eduweb*, 7(2), 11–22.

Carrera, F., Baño, F., & Guangasig, S. (2018). APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD EN LA UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES - UNIANDES. *Mikarimin Revista Científica Multidisciplinaria*, 213–222.

Ceupe, B. (2020). *¿Qué es una encuesta de satisfacción?*
<https://www.ceupe.com/blog/que-es-una-encuesta-de-satisfaccion.html>

Chen, D., Li, X., Li, Z., & Wang, T. (2012). A mechatronics control engineering class at Beihang University, China: Practicing and exploring. *Mechatronics*, 22(6), 881–889. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.05.006>

Chen, D., Li, Z., & Wang, T. (2014). Exploration and practice: A competition based project practice teaching mode. *Mechatronics*, 24(2), 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2013.12.009>

Chiang, L. (2012). *Diseño conceptual de productos mecatrónicos*. 87, 35–45.

Chiner, E. (2011). Tema 6-Validez. *Materiales Docentes de La Asignatura Métodos, Diseños y Técnicas de Investigación Psicológica*, 1–13.

- De Silva, C. W., & Behbahani, S. (2013). A design paradigm for mechatronic systems. *Mechatronics*, 23(8), 960–966.
<https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.08.004>
- Dohr, F., & Vielhaber, M. (2012a). Toward simulation-based mechatronic design. *Proceedings of International Design Conference, DESIGN, DS 70*, 411–420.
- Dohr, F., & Vielhaber, M. (2012b). Toward simulation-based mechatronic design. *Proceedings of International Design Conference, DESIGN, DS 70*, 411–420.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez De Contenido Y Juicio De Expertos: Una Aproximación a Su Utilización. *Avances En Medición*, 6(January 2008), 27–36.
- Fabila, A. M., Minami, H., & Izquierdo, M. J. (2013). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Textos y Contextos*, 31–40.
- Gabillaud, J. (2015). *Microsoft SQL Server 2014: Administración de una base de datos transaccional con SQL Server Management* (Ediciones).
<https://books.google.es/books?id=1rIBBXQhmCwC&printsec=frontcover&dq=termodinamica&hl=es&sa=X&ei=yCsoVeW1F8GLNvySgqAH&ved=0CCEQ6AEwA#v=onepage&q&f=false>
- Galicia Alarcón, L. A., Balderrama Trápaga, J. A., & Edel Navarro, R. (2017). Content validity by experts judgment: Proposal for a virtual tool. *Apertura*, 9(2), 42–53.
<https://doi.org/10.32870/ap.v9n2.993>
- García López, E., & Cabero Almenara, J. (2011). Diseño y validación de un cuestionario dirigido a describir la evaluación en procesos de educación a

distancia. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 35, a156.
<https://doi.org/10.21556/edutec.2011.35.412>

García, V., Roig, R., & García, P. (2016). Utilidad Percibida De Las Tic Usadas En La Docencia Por Estudiantes De Arquitectura Técnica Construction of an Instrument for Measuring the Perceived Usefulness of the Ict Used When Teaching By. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 49, 121–135.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2016.i49.08>

Giraldo, V. (2019). *Plataformas digitales: ¿qué son y qué tipos existen?* Rock Content.
<https://rockcontent.com/es/blog/plataformas-digitales/>

Gómez, M. (2011). *Análisis de Requerimientos*.
http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/Notas_Analisis_Requerimiento.pdf

Gonzalez, L. (2019). *Encuesta de satisfacción de cliente: ¿Qué son y cuál es su utilidad?* Wow! Customer Experience. <https://www.wowcx.com/que-es-una-encuesta-de-satisfaccion-de-cliente/>

Graessler, I., Dattner, M., & Bothen, M. (2018). *Main Feature List as core success criteria of organizing Requirements Elicitation*. Graessler 2017.

Graessler, I., & Hentze, J. (2020). The new V-Model of VDI 2206 and its validation das Neue V-Modell der VDI 2206 und seine Validierung. *At-Automatisierungstechnik*, 68(5), 312–324. <https://doi.org/10.1515/auto-2020-0015>

Graessler, I., Hentze, J., & Oleff, C. (2018). Systems engineering competencies in academic education : An industrial survey about skills in systems engineering.

2018 13th System of Systems Engineering Conference, SoSE 2018, 501–506.

<https://doi.org/10.1109/SYSESE.2018.8428741>

Hackenberg, G., Richter, C., & Zäh, M. F. (2014). A Multi-disciplinary Modeling Technique for Requirements Management in Mechatronic Systems Engineering.

Procedia Technology, 15, 5–16. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.09.029>

Hammond, M. (2020). *Escala de Likert: qué es y cómo utilizarla (incluye ejemplos)*.

HubSpot. <https://blog.hubspot.es/service/escala-likert>

Hassan Montero, Y. (2006). Web design impact in the satisfaction and non-frustration of users. *Revista Española de Documentación Científica*, 29(2), 239–257.

<https://doi.org/10.3989/redc.2006.v29.i2.291>

Hassan, Y., & Fernández, M. (2003). *Diseño inclusivo: Marco metodológico para el desarrollo de sitios Web Accesibles*.

http://www.nosolousabilidad.com/articulos/disenio_inclusivo.htm

Hehenberger, P. (2014). Perspectives on hierarchical modeling in mechatronic design. *Advanced Engineering Informatics*, 28(3), 188–197.

<https://doi.org/10.1016/j.aei.2014.06.005>

Jiang, W., Zhang, M., Zhou, B., Jiang, Y., & Zhang, Y. (2014). Responsive web design mode and application. *Proceedings - 2014 IEEE Workshop on Advanced Research and Technology in Industry Applications, WARTIA 2014*, 1303–1306.

<https://doi.org/10.1109/WARTIA.2014.6976522>

Jovanovic, V., Michaeli, J. G., Popescu, O., Moustafa, M. R., Tomovic, M., Verma, A. K., & Lin, C. Y. (2014). Implementing mechatronics design methodology in mechanical engineering technology senior design projects at Old dominion

- university. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- Juárez Hernández, L. G., & Tobón, S. (2018). Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación. *Revista Espacios*, 39(53), 1–23. <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf>
- Kadlec, T. (2012). Implementing Responsive Design: Building sites for an anywhere, everywhere web. In *New Riders*. <https://books.google.es/books?id=1rIBBXQhmCwC&printsec=frontcover&dq=termodinamica&hl=es&sa=X&ei=yCsoVeW1F8GLNvySgqAH&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>
- Kozák, Š. (2016). Multidisciplinary Approach and Dual Education in Control Engineering for Mechatronics. *IFAC-PapersOnLine*, 49(6), 52–56. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.152>
- Liberty, J. (2005). *Programming C#: building .NET applications with C*. O'Reilly Media, Inc.
- Liliana, D., & Florina, P. S. (2015). Education, Knowledge and Innovation from a Mechatronics Perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 203, 205–209. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.283>
- Llanos, F., Rosas, A., Mendoza, D., & Contreras, C. (2013). Comparación de las escalas de Likert y Vigesimal para la evaluación de satisfacción de atención en un hospital del Perú. *Revista Medica Herediana*, 12(2), 52. <https://doi.org/10.20453/rmh.v12i2.667>
- Manz. (2016). *Etiquetas HTML de texto*. Introducción Al HTML5. <https://lenguajehtml.com/html/semantica/etiquetas-html-de-texto/>

- Miatliuk, K., Kim, Y. H., Kim, K., & Siemieniako, F. (2010). Use of hierarchical system technology in mechatronic design. *Mechatronics*, 20(2), 335–339. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2010.01.002>
- Microsoft. (2019). *Visual Studio Code*. <https://code.visualstudio.com/>
- Miller, H. G. (2011). The spark of innovation begins with collaboration. *Inside the Digital Ecosystem*, 11(1), 13–19.
- Mlambo, P., Chiweshe, E. R., & Dera, H. N. (2018). *METHODOLOGIES FOR MECHATRONIC SYSTEMS DESIGN: ATTRIBUTES AND Methodologies for Mechatronic Systems Design : Attributes and Popularity*. May.
- Molina Ríos, J. R., & Pedreira-Souto, M. de las N. (2019). “SWIRL”, metodología para el diseño y desarrollo de aplicaciones web. In “SWIRL”, *metodología para el diseño y desarrollo de aplicaciones web*. <https://doi.org/10.17993/ingytec.2019.55>
- Moulianitis, V. C., Zachiotis, G. A. D., & Aspragathos, N. A. (2018). A new index based on mechatronics abilities for the conceptual design evaluation. *Mechatronics*, 49(December 2017), 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2017.11.011>
- Ojeda, S. (2019). *¿Cómo medir la satisfacción del cliente?: indicadores y herramientas*. Beetrack. <https://www.beetrack.com/es/blog/medir-la-satisfaccion-del-cliente>
- Peñuelas Rivas, U. M. (2007). *Metodología para Diseño Mecatrónico*.
- Quero, M. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Revista de Estudios Interdisciplinarios de Ciencias Sociales*, 12, 248–252. <https://doi.org/10.1109/igarss.2004.1370608>

- Rodriguez, J. (2019). *¿Qué son las plataformas digitales y para qué sirven?*
<https://www.rankia.co/blog/analisis-colcap/4317884-que-son-plataformas-digitales-para-sirven#:~:text=Las plataformas digitales son todos,y detalles sobre la empresa.>
- Rodríguez, J., Laverón-Simavilla, A., Del Cura, J. M., Ezquerro, J. M., Lapuerta, V., & Cordero-Gracia, M. (2015). Project Based Learning experiences in the space engineering education at Technical University of Madrid. *Advances in Space Research*, 56(7), 1319–1330. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2015.07.003>
- Saldarriaga Cano, J. A. (2014). Accesibilidad Web Una Estrategia Para La Inclusión Educativa En Entornos Virtuales De Educación. *Primer Congreso Internacional Virtual En Discapacidad Y Derechos Human.*
- Salem, F. a. (2013). A Proposed Approach to Mechatronics Design and Implementation Education-Oriented Methodology. *Innovative Systems Design and Engineering*, 4(10), 12–40.
- Sánchez, J. (2015). *Pruebas de Software. Fundamentos y Técnicas.*
- Sánchez, V. L. (2004). *Análisis de sistemas de navegación de sitios Web.*
- Skjong, R., & Wentworth, B. H. (2001). Expert judgment and risk perception. *Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference*, 4(October 2011), 537–544.
- Spurlock, J. (2013). Bootstrap: Responsive Web Development. In *O'Reilly Media, Inc.*
<https://books.google.es/books?id=1rIBBXQhmCwC&printsec=frontcover&dq=termodinamica&hl=es&sa=X&ei=yCsoVeW1F8GLNvySgqAH&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>

- Takemura, Y., Ogawa, Y., Nassiraei, A. A. F., Sanada, A., Kitazumi, Y., Godler, I., Ishii, K., Miyamoto, H., & Ghaderi, A. (2008). Concept of mechatronics safety and modularity design for an autonomous mobile soccer robot. *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS*, 0135, 3686–3691. <https://doi.org/10.1109/IROS.2008.4650732>
- Thangavel, G. (2013). *Visual Studio Add-in for Proxy Object Code Generation*.
- Universidad de Panamá. (2018). *Curso: Diseño y Desarrollo Web*. https://upanama.edu.edu.com/archivos/repositorio//6000/6126/html/55_html.htm#:~:text=HTML no es un lenguaje,por etiquetas%2C contenido y atributos.
- Urrutia Egaña, M., Barrios Araya, S., Gutiérrez Núñez, M., & Mayorga Camus, M. (2015). Métodos óptimos para determinar validez de contenido. *Revista Cubana de Educacion Medica Superior*, 28(3), 547–558.
- Usobiaga, J. (2019). *Introducción al Desarrollo Web Responsive con HTML y CSS*.
- Vargas, P. D. E., & Chávez, M. A. R. (n.d.). *Teaching Mechatronics for New Business*.
- Wang, Y., Yu, Y., Wiedmann, H., Xie, N., Xie, C., Jiang, W., & Feng, X. (2012). Project based learning in mechatronics education in close collaboration with industrial: Methodologies, examples and experiences. *Mechatronics*, 22(6), 862–869. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.05.005>
- Wang, Y., Yu, Y., Xie, C., Wang, H., & Feng, X. (2009). Mechatronics education at CDHAW of Tongji University: Laboratory guidelines, framework, implementations and improvements. *Mechatronics*, 19(8), 1346–1352. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2009.09.001>
- Yu, S., Zhao, G., Li, J., Zhang, G., Zhao, H., Guo, X., & Qiu, Y. (2018). Research on

mechatronics modeling method based on digitalization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1074(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1074/1/012027>

Yu, W., Ying, Y., Chun, X., Xiaoyang, Z., & Weizhi, J. (2013). A proposed approach to mechatronics design education: Integrating design methodology, simulation with projects. *Mechatronics*, 23(8), 942–948. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.10.002>

Zheng, C., Bricogne, M., Le Duigou, J., & Eynard, B. (2014). Mechatronic design process: A survey of product data model. *Procedia CIRP*, 21(2), 282–287. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.176>

Zheng, C., Le Duigou, J., Bricogne, M., & Eynard, B. (2016). Multidisciplinary interface model for design of mechatronic systems. *Computers in Industry*, 76, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.12.002>

7. ANEXOS

Anexo A. Preguntas de la encuesta de satisfacción

		Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: 1 = Totalmente en desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 =Ni de acuerdo, ni en desacuerdo; 4 = De acuerdo; 5=Totalmente de acuerdo			Grado de acuerdo				
Categorías	Atributo	#	Items	1	2	3	4	5	
Plataforma Digital	Funcionalidad	1	La plataforma virtual es una herramienta que permite un seguimiento y retroalimentación del desarrollo del proyecto						
		2	Las plataformas digitales permiten facilitar los procesos de diseño y documentación de desarrollo de proyectos de manera sistemática						
		3	Considera que la plataforma digital es única en su tipo para el desarrollo de proyectos mecatrónicos						
	Estructura	4	La plataforma digital tiene facilidad de conexión						
		5	La plataforma digital tiene facilidad de navegación por los diferentes apartados						
		6	La plataforma digital tiene una correcta estructura en los diferentes apartados						
		7	En general, estoy satisfecho con la estructura de la Plataforma Virtual						
Guía de Uso	Funcionalidad	8	La guía de Uso de la Plataforma tiene un diseño amigable						
		9	La guía de Uso de la Plataforma es de fácil comprensión						
	Estructura	10	La guía de Uso tiene una correcta estructura de los diferentes apartados						
		11	En general, estoy satisfecho con la estructura de la guía de uso						
Metodología V-Cuadrante	Funcionalidad	12	La metodología V-Cuadrante engloba todos los requisitos necesarios para desarrollar un proyecto mecatrónico						
		13	La metodología V-Cuadrante tiene una correcta estructura de los diferentes apartados						
		14	La metodología V-Cuadrante es de fácil comprensión						
		15	En general, estoy satisfecho con la estructura de la metodología V-Cuadrante						
	Estructura	Fase 1: Especificación del Proyecto							
		16	Un componente importante de la especificación del proyecto es la identificación de las disciplinas a utilizar.						
		17	Un componente importante de la especificación del proyecto es la identificación de las herramientas a utilizar.						
		18	Un componente importante de la especificación del proyecto es la identificación del modelo funcional a utilizar para el desarrollo del proyecto mecatrónico.						

19	Dentro del Modelo Funcional es necesario incluir categorías como cualidades del proyecto donde se menciona el propósito del prototipo, el modo de comprobación y la capacidad de modificación de un proyecto mecatrónico.						
20	Dentro del Modelo Funcional es necesario incluir categorías como requerimientos de consumidor donde se menciona el tiempo de entrega, disponibilidad, seguridad, compatibilidad y robustez.						
21	Un componente importante de la especificación del proyecto es el diseño conceptual a utilizar para el desarrollo del proyecto.						
22	Es necesario clarificar las especificaciones de ingeniería como las normas, exigencias, procedimientos para la elaboración de los dispositivos dentro del diseño conceptual.						
23	Es necesario incluir los establecimientos de estructuras funcionales como objeto, propiedades modeladas, propósito y usuario de modelo dentro del diseño conceptual.						
24	La búsqueda de principios apropiados físicos de trabajo y combinaciones como modelación funcional, cualitativa, estructural, simbólica y técnicas de ideación son algunas características de los criterios de diseño conceptual.						
25	Un componente importante de la especificación del proyecto son los detalles del diseño a utilizar para el desarrollo del proyecto.						
26	Una actividad crítica es incluir detalles adicionales del prototipo como geometría, mecanismos y electrónica.						
Fase 2: Modelado y Análisis							
27	Un componente importante en el modelado y análisis es el modelado físico del dispositivo.						
28	Dentro del modelado del dispositivo se deben cumplir requerimientos como definición de flujo, de los elementos del proceso, ecuaciones básicas de los elementos del proceso, la conexión de las ecuaciones, la definición de las variables de entrada y salida.						
29	Un componente importante en el modelado y análisis es la simulación del dispositivo mecatrónico.						
30	Uno de los aspectos importantes de la simulación la delimitación del sistema, verificación de la estructura, parámetros consistencia dimensional y condiciones extremas.						
Fase 3: Integración del Sistema y Verificación							
31	Un componente importante de la integración del Sistema y Verificación del proyecto es la identificación de los bloques a utilizar.						
32	Un componente importante de la integración del Sistema y Verificación del proyecto es la identificación de los procesos a utilizar para el desarrollo de un proyecto mecatrónico.						

		33	Es importante incluir la prueba de componentes individuales en la fase de integración del sistema y verificación.					
		34	Las pruebas de componentes individuales consisten en hacer una evaluación de materiales, señales, mecanismos, electrónica, programación de manera individual en cada grupo del componente.					
		35	Es importante incluir las pruebas del en la fase de integración del sistema y verificación.					
		36	Las pruebas grupales son importantes para la evaluación de la estructura, análisis de sensibilidad, prueba de evaluación de parámetros, prueba de evaluación de parámetros, prueba de adecuación de los límites en las políticas sugeridas, reproducción del comportamiento.					
		37	Es importante incluir las pruebas de aceptación en la fase de integración del sistema y verificación.					
		38	Los requerimientos de aceptación la seguridad es, la regulación, la ergonomía, la manufactura, el control, el ensamble, la sustentabilidad y la organización.					

Anexo B. Guía de Uso de la Plataforma



Contenido

¿Qué es MechPro?	3
Beneficio de MechPro.....	3
Nuestra historia.....	3
Preguntas frecuentes.....	4
¿Cómo accedo?	4
¿Cómo me registro?	4
¿Cómo veo mi perfil?	5
¿Cómo modifico mi información general?.....	5
¿Cómo cambio mi contraseña?	6
¿Cómo usar MechPro?.....	7
Menú "Proyectos".....	8
¿Cómo puedo crear mi primer proyecto?.....	8
¿Dónde puedo visualizar todos mis proyectos?.....	9
¿Cómo usar "Menú de Opciones"?	10
¿Cómo usar Compartidos Conmigo?	14
Menú Carpetas	15
¿Cómo usar "Mis Carpetas"?	15
¿Cómo usar "Cambiar Nombre"?	16
Menú Términos y Condiciones	17
¿Dudas y/o Sugerencias?	17

¿Qué es MechPro?

Es una plataforma simple y poderosa de visualización de proyectos mecatrónicos:

- Permite la gestión, almacenamiento, control y retroalimentación de la información en el desarrollo de proyectos mecatrónicos.
- Permite la precisión y disminución de errores en el proceso de diseño.
- Facilita la colaboración entre los involucrados del proyecto.

Beneficio de MechPro

- Facilita el proceso de diseño y documentación de proyectos mecatrónicos.
- Facilita la visualización de avance y retroalimentación del proyecto.
- Los datos quedan almacenados en la plataforma con acceso restringido.
- Es posible usar la plataforma en cualquier dispositivo electrónico con acceso a internet.

Nuestra historia

El viaje de MechPro comenzó en 2020 donde el desarrollo tecnológico y la competencia requieren que los diseños mecatrónicos de nuevos productos, procesos y sistemas sean rápidos y eficientes. MechPro surge como herramienta para minimizar algunos de los factores de influencia como son: contexto de desarrollo no apropiado, análisis deficiente, que no se consideran las alternativas existentes, imprevistos que suceden durante el desarrollo de proyecto que no se consideran para reevaluar el proyecto, o bien, sucede que al intentar replicar un proyecto con resultados reportados como satisfactorios se obtienen resultados negativos y esto puede deberse a la falta de la documentación del proceso reportados como un factor limitante para la capacidad de retroalimentación de defectos del proyecto, es decir, no existe una metodología general que pueda aplicarse a proyectos de distinta naturaleza.

Con la finalidad de proporcionar un soporte al usuario que gestiona este tipo de proyectos mecatrónicos MechPro ofrece una metodología integrada a una plataforma digital la cual permite tener un seguimiento a través de un módulo de retroalimentación secuencial además de visualizar, almacenar y controlar la información técnica generada durante su desarrollo esperando un correcto desarrollo del proyecto mecatrónico.

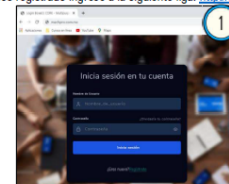
Preguntas frecuentes

¿Cómo accedo?

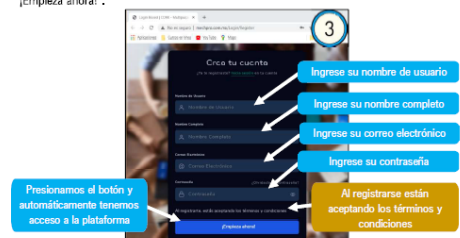
1. Entra en <http://mechpro.com.mx/>
2. Lo primero que tienes que hacer es registrarte, no sabes cómo registrarte, ve a la sección [¿Cómo me registro?](#), si ya te encuentras registrado entonces iniciamos sesión.

¿Cómo me registro?

1. Si aún no nos hemos registrado ingrese a la siguiente liga: <http://mechpro.com.mx/Login>.




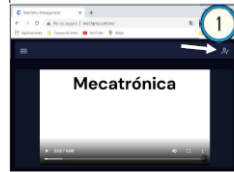
2. Seleccionamos la palabra "Regístrate" o bien entramos a la siguiente liga <http://mechpro.com.mx/Login/Register>.
3. Llenamos los campos solicitados para completar el registro y presionamos el botón: "Empieza ahora".



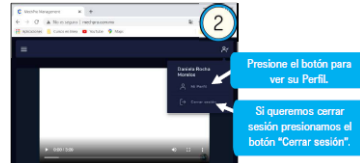
4. ¡Listo! Automáticamente el registro te manda a la página de inicio de la plataforma, entonces ¡Podemos iniciar nuestro proyecto!

¿Cómo veo mi perfil?

1. En la parte superior de la pantalla podrá observar el icono () Al presionar el botón podrá ver el menú de perfil.

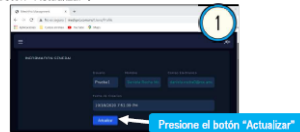


2. En ese menú podrá observar las opciones: Mi perfil, Cerrar sesión, Presione el botón "Mi Perfil",



¿Cómo modifico mi información general?

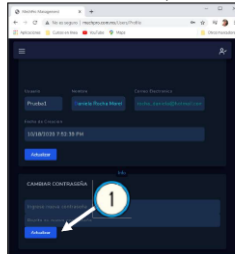
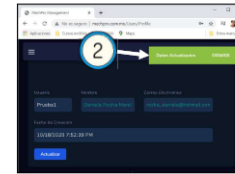
1. La plataforma permite modificar el nombre completo y el correo electrónico. Para hacer los cambios borre el campo a modificar y escriba su nuevo nombre o correo electrónico, al finalizar presione el botón "Actualizar".



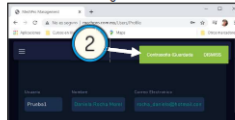
2. Para confirmar sus cambios en la parte superior podrá observar un mensaje de cambio.

¿Cómo cambio mi contraseña?


1. En el menú "Mi perfil" podemos observar que en la parte inferior existe la opción "Cambiar mi contraseña". Ingresamos la nueva contraseña y la escribimos en el siguiente campo la contraseña nuevamente como confirmación, al finalizar presionamos el botón "Actualizar".

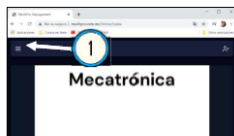


2. En el mismo caso de actualizar "Información General" aparecerá un cuadro en la parte superior confirmando la actualización de los cambios generados.

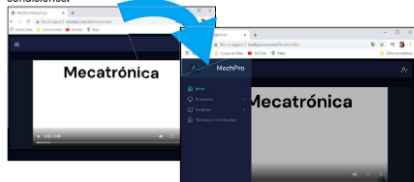


¿Cómo usar MechPro?

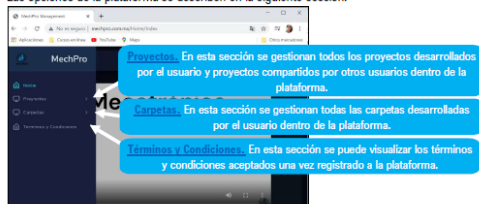
1. Para poder ver todas las actividades que se puede realizar en la plataforma se debe ingresar a la barra de herramientas la cual se puede observar presionando el siguiente botón ().



2. Al presionar el botón se despliega un menú que nos permite observar todas las actividades que son posibles realizar dentro de la plataforma; Proyectos, Carpetas y Términos y condiciones.



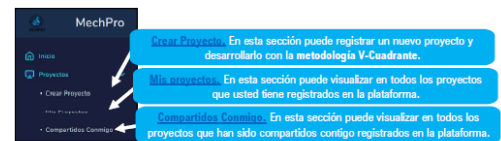
3. Las opciones de la plataforma se describen en la siguiente sección.



En este manual se describen la funcionalidad de cada uno de estos menús los cuales se detallan con mayor claridad en las siguientes secciones.

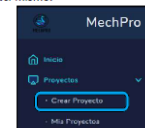
Menú "Proyectos"

En el menú "Crear Proyecto" se puede visualizar las diversas opciones a realizar para la gestión de los proyectos desarrollados y compartidos por el usuario. En la siguiente imagen es posible apreciar los

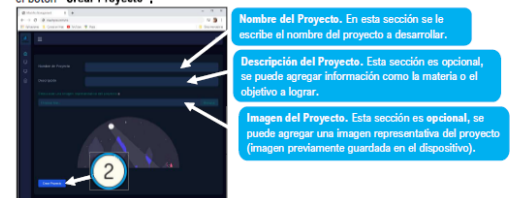


¿Cómo puedo crear mi primer proyecto?

1. En el menú de barra de herramientas presionamos el botón crear proyecto, debemos registrar los datos iniciales del mismo.



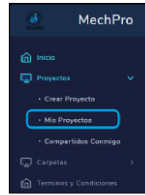
1. En este apartado debemos registrar los datos iniciales del mismo y al finalizar presionamos el botón "Crear Proyecto".



- Una vez registrado el proyecto debemos ingresar a **"Mis proyectos"** para empezar a realizar los avances del proyecto. Para más información dirigirse a la sección del manual ["¿Dónde puedo visualizar todos mis proyectos?"](#)

¿Dónde puedo visualizar todos mis proyectos?

- Al presionar el botón **"Mis proyectos"**, podemos ver todos los proyectos que hemos realizado.

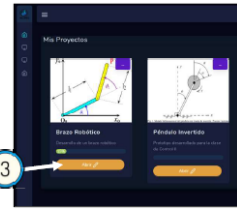


- En la siguiente imagen se pueden ver todas las opciones, que tiene la plataforma a realizar.



* En el caso de querer observar como funciona cada opción del menú opciones diríjase a la sección del manual: ["¿Cómo usar "Menú de Opciones"?"](#)

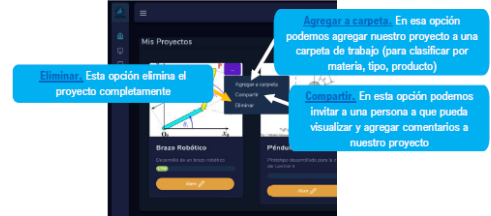
- Seleccionamos el proyecto a trabajar presionando el botón "Abrir".



- ¡Listo! Accedemos a la sección de desarrollo del proyecto donde podremos describir los componentes de nuestro sistema mecatrónico. Para más información sobre el funcionamiento de cada sección con mayor detalle puede acceder al PDF ["Guía de Metodología V-Cuadrante"](#).

¿Cómo usar "Menú de Opciones"?

El menú de opciones de **"Mis Proyectos"** permite que hagamos diferentes actividades en nuestro proyecto. En la siguiente imagen se puede observar a manera general el funcionamiento de cada comando, comandos que serán descritos más detallados en las secciones: ["¿Cómo usar "Agregar Carpeta"?",](#) ["¿Cómo usar "Compartir"?",](#) ["¿Cómo usar "Eliminar"?"](#)



¿Cómo usar "Agregar Carpeta"?

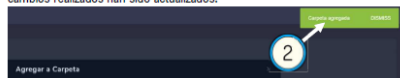
La opción agregar a carpeta del menú de opciones de **"Mis Proyectos"** permite crear una carpeta de trabajo. Esta actividad permite clasificar los trabajos por materia, tipo de producto, tipo de desarrollo o conforme a la necesidad del usuario



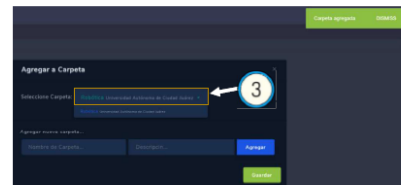
- Para agregar una carpeta nueva es necesario asignar un nombre a la nueva carpeta y una breve descripción, una vez realizados los cambios presionamos el botón "Agregar".



- Aparecerá un mensaje en la parte superior de la plataforma la cual confirma que los cambios realizados han sido actualizados.



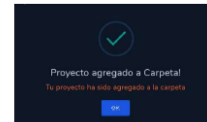
- En la sección "Selección Carpeta" aparecerá la carpeta creada,



- Seleccione la carpeta donde guardará su proyecto y presione el botón guardar.



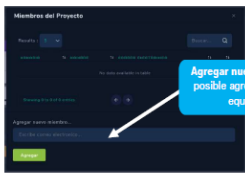
- Aparecerá un mensaje emergente confirmando que el proyecto fue correctamente guardado.



¿Cómo usar "Compartir"?

La opción compartir del menú de opciones de **Mis Proyectos** permite crear una carpeta de trabajo. Esta actividad permite compartir el proyecto con usuarios registrados previamente a la plataforma y solicita a los no registrados que se registren para acceder a los beneficios que la plataforma otorga.


Miembros del Proyecto. En esta ventana es posible visualizar todos los miembros que están integrados en el proyecto.




Para agregar un nuevo miembro es necesario que el usuario se registre en la plataforma

Agregue miembros a la plataforma.

1. Agregue el correo electrónico del nuevo integrante del proyecto en la sección "Agregar nuevo miembro..." al terminar presione el botón "Agregar".



2. Para confirmar el registro en la parte superior aparecerá un mensaje diciendo "Miembro Agregado".
3. Aparecerá una ventana emergente mencionando que se agregó un nuevo integrante.
4. Presione el botón "Ok" para observar los cambios generados.



5. Después de agregar al integrante podrá observar los datos de este (si ya se encuentra registrado, de lo contrario aparecerán esos datos una vez que se registre). Los datos del integrante podrán observarse como se aprecia en la siguiente figura.



¿Cómo usar "Eliminar"?

El botón eliminar, sirve para eliminar el proyecto desarrollado (solo se permitirá eliminar el proyecto al creador de este). Al presionar el botón aparecerá una ventana emergente la cual confirma si realmente esta seguro el usuario de realizar esta actividad.



Una vez realizada esta actividad no será posible recuperar el desarrollo del proyecto

¿Cómo usar Compartidos Conmigo?

Al presionar el botón **Compartidos Conmigo**, podemos ver los documentos que no han compartido otros usuarios de la plataforma. En esta sección podrá ver todos los proyectos que le han sido compartidos y a diferencia de "Mis Proyectos", no puede acceder al menú de opciones de cada proyecto.



Pero sí puede editar y visualizar el desarrollo del proyecto mecatrónico compartido

Menú Carpetas

Este menú permite tener una visualización de las carpetas creadas en la plataforma para almacenar los proyectos desarrollados en la plataforma. Al seleccionar al menú de carpetas le aparece la opción de Ver Carpetas



¿Cómo usar "Mis Carpetas"?

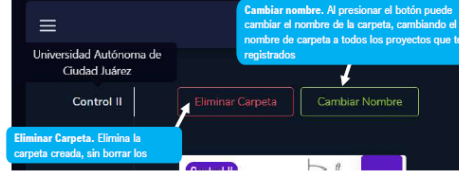
1. Seleccione la carpeta que desea revisar en caso se revisará la carpeta "Control II".
2. Podrá observar todos los proyectos que estén dentro de la carpeta.



Cuando un proyecto está en una carpeta aparece el nombre de la carpeta en la esquina superior izquierda del proyecto

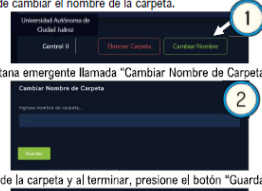
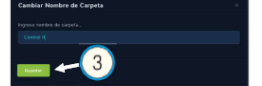
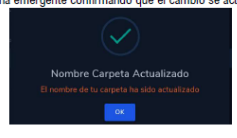
¿Quiere agregar una nueva carpeta? Diríjase a la sección "¿Cómo usar carpetas creadas?"

3. En la parte superior puede observar las opciones que puede hacer en la carpeta.



¿Cómo usar "Cambiar Nombre"?

1. Presione el botón de cambiar el nombre de la carpeta.
2. Aparecerá una ventana emergente llamada "Cambiar Nombre de Carpeta".
3. Cambie el nombre de la carpeta y al terminar, presione el botón "Guardar".
4. Aparecerá una ventana emergente confirmando que el cambio se actualizó.

Menú Términos y Condiciones

Esta sección usted podrá observar los términos y condiciones de la plataforma.



¿Dudas y/o Sugerencias?

La retroalimentación es valiosa para nuestro proyecto. Se aceptan dudas, quejas y sugerencias, mande un correo electrónico a la cuenta: mehpro.help@gmail.com

Anexo C. Manual Metodología V-Cuadrante

Metodología V-Cuadrante

Versión 1.0

Octubre 2020

Por Daniela Rocha

Contenido

- ¿Qué es la Metodología V-Cuadrante?..... 3
- 1. Especificación del proyecto..... 4
 - 1.1 Disciplinas..... 5
 - 1.2 Herramientas..... 5
 - 1.3 Modelo Funcional..... 5
 - Cualidades del Proyecto..... 6
 - Requerimientos del Consumidor..... 6
 - 1.4 Diseño Conceptual..... 6
 - Clarificación de las especificaciones de ingeniería..... 6
 - Establecimiento de estructuras funcionales..... 6
 - Búsqueda de principios apropiados físicos de trabajo..... 6
 - 1.5 Detalles del Diseño..... 6
 - Geometría..... 7
 - Mecanismos..... 7
 - Electrónica..... 7
- 2. Modelado y Análisis..... 7
 - 2.1 Modelado..... 7
 - 2.2 Simulación..... 7
- 3. Integración del Sistema y Verificación..... 8
 - 3.1 Bloques..... 8
 - 3.2 Proceso..... 8
 - 3.3 Pruebas de Componentes..... 9
 - 3.4 Prueba del Sistema..... 9
 - 3.5 Pruebas de Aceptación..... 9
- Bibliografía..... 10

¿Qué es la Metodología V-Cuadrante?

Metodología es posible definirla como una serie de métodos y técnicas de rigor científico que se aplican sistemáticamente durante un proceso de investigación para alcanzar un resultado teóricamente válido. En este sentido, la metodología funciona como el soporte conceptual que rige la manera en que aplicamos los procedimientos en una investigación.

Con el fin de robustecer el diseño de sistema mecatrónicos, en este trabajo se desarrolló una metodología de diseño enfocada en los sistemas mecatrónicos. Se propone una combinación de las metodologías propuestas por (Kozák, 2016) (Yu et al., 2013) y (Graessler & Hentze, 2020). Tomando en cuenta la necesidad de integración de conocimientos y sistemas para los diferentes procesos de desarrollo y aplicación, se plantea la metodología llamada "Modelo V-Cuadrante", la cual propone una combinación de metodologías en la Figura 1. El uso del modelo V permite que cada dominio verifique la compatibilidad de su diseño con otros dominios para reducir las iteraciones (Dohr & Vielhaber, 2012b).

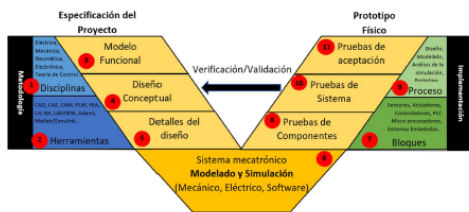


Figura 1. Metodología V-Cuadrante. Fuente: Elaboración Propia.

Este modelo básicamente se divide en tres secciones: fase 1, **especificación del proyecto** la cual describe la transformación de los requisitos que se presentan como entrada, la fase 2 **modelado**

y **análisis**, donde se representa la integración y el manejo de las diferentes disciplinas y fase 3, **integración del sistema y verificación** en donde se realiza la verificación y validación del sistema, cada componente cuenta con categorías diversas cómo es posible apreciar en la Figura 2.

El presente documento busca definir cada uno de los aspectos de la metodología con la finalidad de proporcionar al lector una descripción detallada de cada fase, categoría e ítem de manera sistemática.

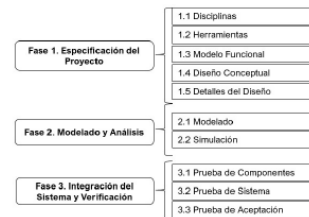


Figura 2. Estructura Metodología V-Cuadrante. Fuente: Elaboración Propia.

En todas las secciones se tiene un módulo de validación ya que al ser una metodología modular es posible hacer un análisis de cada paso para la mejora del dispositivo, si en el paso de prototipo físico no funcionó el dispositivo es necesario regresar a los pasos anteriores para hacer una retroalimentación de los datos antes establecidos hasta encontrar la solución al problema

1. Especificación del proyecto

Se definen las normas, exigencias y procedimientos que deben ser empleados para la construcción de los dispositivos y/o proyectos de carácter mecatrónico, además son los requerimientos que pretende cumplir, para esto se deben identificar las necesidades y posibilidades que debe y puede cumplir especificando los componentes importantes, revisión de los trabajos preliminares y el establecimiento de la metodología a seguir.

1.1 Disciplinas

Primer Cuadrante de la integración de mecatrónica, en esta sección se hace un análisis de las disciplinas que desenvuelve el proyecto, con la finalidad de analizar las áreas disciplinarias que requiere el usuario utilizar:

Electrónica, Mecánica, Neumática, Control, Programación, Sistemas de control, Electrónica de control, Sistemas electrónicos, Sistemas Mecánicos.

1.2 Herramientas

Segundo Cuadrante de la integración de mecatrónica, en esta sección se hace un análisis de las herramientas a utilizar para la realización del proyecto.

- Permite un análisis de los programas a utilizar para el desarrollo del proyecto y establece si requiere apoyo externo para el manejo de las herramientas.
- Se colocan las herramientas que usualmente se utilizan para el desarrollo de proyectos mecatrónicos y se permite agregar otros programas en la aplicación.

Algunas de las clasificaciones se encuentran a continuación:

CAD (Diseño Asistido por Computador): AutoCAD, BricsCAD, Computación Gráfica, FreeCAD, Qcad

CAE (Ingeniería Asistida por Computadora): Análisis cinemático, Análisis por elemento finito, maquinado por control numérico.

CAM (Fabricación Asistida por Ordenador): CAMWorks, CATIA, FikusVisualcam, Unigraphics, WorkNC.

National Instruments: Labview.

MathWorks: Matlab, Simulink.

1.3 Modelo Funcional

Especifica lo que sucede, cuando sucede y que actividades suceden, definiendo las operaciones y actividades que debe o no debe cumplir el proyecto, analiza las

5

características que debe tener el sistema y posteriormente establece los modelos matemáticos, parámetros y actividades que debe cumplir.

Cualidades del Proyecto.

Objetivos que busca cumplir el proyecto, principios que permita identificar el proyecto como único frente a lo existente se describe; el propósito, la comprobabilidad, modificabilidad.

Requerimientos del Consumidor.

Cualidades que se deben cumplir para satisfacer las necesidades del cliente potencial; tiempo de entrega, disponibilidad, seguridad, compatibilidad, robustez.

1.4 Diseño Conceptual

Procediendo el análisis antes establecido en esta sección se define la manera práctica, es decir, define si la idea es factible y los costos son los adecuados para la implementación del proyecto, además, se desarrolla la primera fase de diseño del proyecto.

Clarificación de las especificaciones de ingeniería

Definición de normas, exigencias, procedimientos para la aplicación, elaboración y fabricación de los dispositivos en este apartado se describe si es verificable, cuál es la prioridad, cual es la identificación única y cuáles son los requisitos.

Establecimiento de estructuras funcionales

Conjunto de actividades y procesos necesarios para lograr los objetivos de la organización del desarrollo del dispositivo, se define el objeto, las propiedades modeladas, el propósito de realización y el usuario que utilizará el proyecto mecatrónico.

Búsqueda de principios apropiados físicos de trabajo

En esta sección se describe el modelo funcional, modelado cualitativo, modelación estructural simbólica y técnicas de ideación

1.5 Detalles del Diseño

Se evalúa si las especificaciones antes establecidas cumplirán con los requerimientos señalados en el diseño seleccionado, en caso de en algún campo no exista la posibilidad

6

de integración se vuelven a realizar los pasos anteriores hasta encontrar compatibilidad en el diseño. Los componentes principales en esta sección son:

Geometría

Dimensiones requeridas del dispositivo, espacio requerido, conexiones, extensiones y todos los requerimientos necesarios para establecer el tamaño del trabajo.

Mecanismos

Fuerzas a las cuales estará sometido el dispositivo, trabajo, peso entre otros requerimientos físicos que estará contemplado el dispositivo a someterse.

Electrónica

Voltaje nominal, corriente con el que el dispositivo debe funcionar, accesibilidad y grado de obsolescencia que puede sobrevivir el dispositivo.

2. Modelado y Análisis

Evaluación de la primera parte del proyecto, centrado únicamente en el uso y la usabilidad del modelado y simulación dado a la existencia de la gran cantidad de herramientas utilizadas

2.1 Modelado

Permite realizar un análisis matemático de todas las fuerzas, relaciones y entidades entre las variables de las operaciones para estudiar el comportamiento de los sistemas complejos. Es la definición de los aspectos físicos que delimitan el sistema e identificación de los componentes que se pueden utilizar. En esta sección se define el flujo de energía o material en los cuales los sistemas se desenvolverán, las ecuaciones de los elementos de proceso, flujos de balance de masa, energía y momentos, diagramas de funcionamiento entre otros.

2.2 Simulación

La simulación es la prueba de comportamiento del sistema con una simulación física integrada, permite observar los requerimientos automáticamente evaluados usando diferentes escenarios y se requieren ciertas premisas que permitan el uso de los

7

parámetros involucrados en el diseño. La simulación hace que los análisis sean viables en las primeras fases, además permite observar las interacciones que soportan el diseño permitiendo obtener mayor razonamiento en las decisiones y permite conducir a un producto con mayor madurez.

En esta sección se establece la delimitación del sistema, la verificación de la estructura si se encuentra consistente con los conocimientos previamente descritos y si los sistemas son relevantes con el sistema.

3. Integración del Sistema y Verificación

La función total del sistema mecatrónico se desarrolla de manera modular creando las subfunciones, cada una de ellas cumple con las actividades solicitadas, y al momento de la integración de los componentes se obtendrá el prototipo físico. La integración se realiza en estrecha interacción con los detalles e implementación para que cualquier problema que surja sea resuelto de inmediato.

3.1 Bloques

Herramientas físicas utilizadas para lograr el funcionamiento del sistema.

Actuadores: Sensores

Acondicionador de señal

Visualizadores

Amplificadores

3.2 Proceso

En este caso se seleccionarán los procesos seleccionados que se realizaron para que se establecen en esta fase, con la finalidad de que el usuario contemple los conocimientos necesarios para cumplir con los objetivos establecidos.

8

3.3 Pruebas de Componentes

En esta sección se revisa cada uno de los componentes eléctricos, mecánicos y de programación, esto realizado de manera individual, para comprobar si tienen un correcto funcionamiento, se realiza el primer parte de la validación del sistema donde se busca que los detalles de diseño se cumplan. Los detalles que se revisan son: materiales, calidad de energía deseada, las señales, los mecanismos, la electrónica usada, entre otros.

3.4 Prueba del Sistema

En esta sección se realizan dos tipos de pruebas: pruebas de grupo y pruebas del sistema.

Las pruebas de grupo prueban conjuntos de subsistemas de manera simulada para ver si los subgrupos funcionan correctamente, esto al funcionar se realizan las pruebas de sistema, las cuales, se prueban todos los subsistemas de manera conjunta utilizando diferentes parámetros de la validación los cuales se describen a continuación: Evaluación de la estructura, el análisis de sensibilidad, prueba de evaluación de parámetros y la reproducción del comportamiento.

3.5 Pruebas de Aceptación

Repetición de las pruebas en presencia de los grupos de interés, se realizan métodos de validación y se define en esta sección si los resultados obtenidos son los que se requieren para el correcto funcionamiento del dispositivo final, comparando los resultados obtenidos en la simulación del sistema, con los datos icidos una vez integrado el prototipo mecatrónico. Se revisan los procesos de seguridad, regulación, si se cumple con la ergonomía, si es posible su manufactura, si se tiene un control.