



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**Implementación de un sistema de soporte de decisiones para gestión  
académica de la UTMACH**

**VARGAS LUCERO ALEX ADRIAN  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**TAYLOR VIVANCO DAMAR ALEJANDRA  
INGENIERA EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**Implementación de un sistema de soporte de decisiones para  
gestión académica de la UTMACH**

**VARGAS LUCERO ALEX ADRIAN  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**TAYLOR VIVANCO DAMAR ALEJANDRA  
INGENIERA EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

**Implementación de un sistema de soporte de decisiones para  
gestión académica de la UTMACH**

**VARGAS LUCERO ALEX ADRIAN  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**TAYLOR VIVANCO DAMAR ALEJANDRA  
INGENIERA EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MAZON OLIVO BERTHA EUGENIA**

**MACHALA  
2023**

# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES PARA LA GESTIÓN ACADÉMICA DE LA UTMACH - DAMARTAYLOR- ALEXVARGAS

*por Alex Vargas*

---

**Fecha de entrega:** 27-feb-2024 07:35p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2291993112

**Nombre del archivo:** Contenido\_para\_el\_turniting.pdf (841.56K)

**Total de palabras:** 17733

**Total de caracteres:** 100662

# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES PARA LA GESTIÓN ACADÉMICA DE LA UTMACH - DAMARTAYLOR- ALEXVARGAS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	1%
2	Jimmy Rolando Molina Ríos, Nancy Magaly Loja Mora, Mariuxi Paola Zea Ordóñez, Erika Lizbeth Loaiza Sojos. "Evaluación de los Frameworks en el Desarrollo de Aplicaciones Web con Python", Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software, 2016 Publicación	<1%
3	archive.org Fuente de Internet	<1%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
5	dokumen.pub Fuente de Internet	<1%
6	www.tecnologicosucre.edu.ec Fuente de Internet	<1%

7	<a href="http://www.theibfr.com">www.theibfr.com</a> Fuente de Internet	<1 %
8	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1 %
9	<a href="http://www.polodelconocimiento.com">www.polodelconocimiento.com</a> Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Internacional del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
11	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
14	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec:8080">repositorio.espe.edu.ec:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://moam.info">moam.info</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://baixardoc.com">baixardoc.com</a> Fuente de Internet	<1 %

18

[www.aneca.es](http://www.aneca.es)

Fuente de Internet

<1 %

---

19

[www.dropbox.com](http://www.dropbox.com)

Fuente de Internet

<1 %

---

20

[www.acede.org](http://www.acede.org)

Fuente de Internet

<1 %

---

21

(Carlinda Leite and Miguel Zabalza). "Ensino superior: inovação e qualidade na docência", Repositório Aberto da Universidade do Porto, 2012.

Publicación

<1 %

---

22

[repositorio.utmachala.edu.ec](http://repositorio.utmachala.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

---

23

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

---

24

[www.cacic2016.unsl.edu.ar](http://www.cacic2016.unsl.edu.ar)

Fuente de Internet

<1 %

---

25

[cathi.uacj.mx](http://cathi.uacj.mx)

Fuente de Internet

<1 %

---

26

[www.buenastareas.com](http://www.buenastareas.com)

Fuente de Internet

<1 %

---

27

[repositorio.uniandes.edu.co](http://repositorio.uniandes.edu.co)

Fuente de Internet

<1 %

---

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, VARGAS LUCERO ALEX ADRIAN y TAYLOR VIVANCO DAMAR ALEJANDRA, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Implementación de un sistema de soporte de decisiones para gestión académica de la UTMACH, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

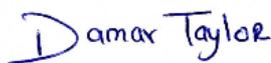
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

VARGAS LUCERO ALEX ADRIAN  
0706639176



---

TAYLOR VIVANCO DAMAR ALEJANDRA  
0706167046



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES  
PARA GESTIÓN ACADÉMICA DE LA UTMACH**

**VARGAS LUCERO ALEX ADRIAN**  
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**TAYLOR VIVANCO DAMAR ALEJANDRA**  
INGENIERA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**ING. MAZÓN BERTHA**  
TUTOR ESPECIALISTA 1

**ING. ROJAS FREDDY**  
CO-TUTOR

**MACHALA**  
2023



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES  
PARA GESTIÓN ACADÉMICA DE LA UTMACH**

**VARGAS LUCERO ALEX ADRIAN**  
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**TAYLOR VIVANCO DAMAR ALEJANDRA**  
INGENIERA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**ING. MAZÓN BERTHA**  
TUTOR ESPECIALISTA 1

**ING. ROJAS FREDDY**  
CO-TUTOR

**MACHALA**  
2023

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios por brindarme la fuerza que impulsa cada logro, y ser la luz que ilumina mi camino para desarrollarme personal y profesionalmente. A mis padres su inquebrantable dedicación y sacrificio han sido mi mayor inspiración. A mi familia, por su apoyo constante y amor incondicional; a mis tutores y profesores, por guiarme con sabiduría y paciencia en este viaje académico.

**Taylor Vivanco Damar Alejandra**

A mi querida madre, quien, con su incansable esfuerzo y amor incondicional, ha sido la luz que guio mis pasos en este viaje, tu dedicación y perseverancia son el faro que me ha llevado a alcanzar mis sueños. A mi familia, cuyo apoyo inquebrantable ha sido el cimiento de mis logros. A mis tutores y docentes, gracias por sembrar en mí el conocimiento y la pasión por el aprendizaje.

**Vargas Lucero Alex Adrián**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi tutora, la Ing. Bertha Mazón, y a mi cotutor, el Ing. Freddy Rojas, por su invaluable orientación y apoyo a lo largo de mi trabajo de titulación. A mi compañero Alex Vargas, por su complicidad y ambición compartida en cada proyecto. Cada uno de ustedes ha dejado una marca indeleble en este viaje. A todas las personas e instituciones que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a este proyecto, les agradezco sinceramente por su aporte valioso. Este logro no hubiera sido posible sin la colaboración y el respaldo de cada uno de ustedes.

**Taylor Vivanco Damar Alejandra**

Primero, mi gratitud eterna a Dios, fuente de toda sabiduría y guía en mi camino. A mi madre, por ser el pilar fundamental en este proceso, impulsándome cada día a seguir adelante hasta alcanzar esta meta. A mi tutora, Ing. Bertha Mazón, y a mi cotutor, Ing. Freddy Rojas, por ser los faros de sabiduría y guía en el desarrollo de mi trabajo de titulación. Su orientación y consejos han sido indispensables en cada etapa de esta aventura académica.

Un especial agradecimiento a mi compañera Damar Taylor, cuya complicidad y ambición compartida en todos nuestros proyectos ha sido una fuente constante de inspiración y fortaleza. Por último, pero no menos importante, a la Universidad Técnica de Machala, cuna de conocimiento y escenario de mi crecimiento intelectual y profesional. Gracias por brindarme las herramientas y oportunidades para investigar y desarrollar el prototipo que hoy es parte esencial de este logro.

**Vargas Lucero Alex Adrián**

## **RESUMEN**

La ciencia de datos y la inteligencia de negocios (BI) se han convertido en herramientas indispensables debido a su capacidad de analizar y explotar al máximo la información de todo tipo de negocio. La Universidad Técnica de Machala (UTMACH) cuenta con un sistema transaccional que facilita la gestión diaria de datos sin ser utilizados para análisis. Por esta razón, se ha desarrollado un sistema de soporte de decisiones (DSS) basado en indicadores clave de desempeño (KPIs) de gestión académica, como parte de un sistema SIUTMACH, para la visualización de los datos relevantes para las autoridades principales; Rector y vicerrectores, autoridades de facultades; decanos y subdecanos, coordinadores de carrera y directores departamentales.

Para su implementación, se adoptó un diseño cuasiexperimental, aplicando la técnica de entrevista a las partes interesadas con el propósito de recolectar y definir KPIs. Se aplicaron mejores prácticas para la definición de estos indicadores, utilizando la inteligencia de negocios para identificar indicadores pertinentes, y la metodología VROps - *Una metodología para crear dashboard*, junto con las tecnologías más adecuadas, como; librerías, el framework de Angular para el desarrollo web y la visualización de la información, así como la Interfaz de programación de aplicaciones (API) GraphQL proporcionada por el equipo de TI para acceder a la data académica del servidor universitario. Posteriormente, se evaluó el rendimiento y aceptación del sistema mediante la norma ISO/IEC 9126 y encuestas dirigidas a expertos y personal administrativo.

Finalmente, se concluye que, tras aplicar la prueba de hipótesis por proporciones, existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la proporción de usuarios altamente satisfechos con el DSS es mayor que el 80% con un nivel de significancia del 5%. Asimismo, su aplicación en el campo educativo tiene potencial para ser replicado en otras instituciones, impactando positivamente en el ámbito académico a nivel nacional y regional.

## **PALABRAS CLAVE**

Sistema de soporte de decisiones, Inteligencia de negocios, Indicadores clave de desempeño (KPI) de gestión académica, Institución de Educación superior (IES).

## **SUMMARY**

Data science and business intelligence (BI) have become indispensable tools due to their ability to analyze and maximize the information from all types of businesses. The Technical University of Machala (UTMACH) has a transactional system that facilitates the daily management of data without being used for analysis. For this reason, a decision support system (DSS) based on key performance indicators (KPIs) for academic management has been developed as part of the SIUTMACH system, for the visualization of relevant data for the main authorities; Rector and vice-rectors, faculty authorities; deans and vice-deans, career coordinators and departmental directors.

For its implementation, a quasi-experimental design was adopted, applying the interview technique to stakeholders with the purpose of collecting and defining KPIs. Best practices for the definition of these indicators were applied, using business intelligence to identify relevant indicators, and the VROps methodology - A methodology for creating dashboards, along with the most suitable technologies, such as; libraries, the Angular framework for web development and information visualization, as well as the GraphQL Application Programming Interface (API) provided by the IT team to access the academic data from the university server. Subsequently, the system's performance and acceptance were evaluated using the ISO/IEC 9126 standard and surveys directed at experts and administrative staff.

Finally, it is concluded that, after applying the hypothesis test for proportions, there is sufficient statistical evidence to affirm that the proportion of users highly satisfied with the DSS is greater than 80% with a significance level of 5%. Likewise, its application in the educational field has the potential to be replicated in other institutions, positively impacting the academic sphere at the national and regional level.

## **KEYWORDS**

Decision support system, Business intelligence, Key performance indicators (KPI) for academic management, Higher education institution (HEI).

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
SUMMARY .....	v
KEYWORDS .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
GLOSARIO.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	13
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	21
1.1 Antecedentes de la investigación.....	21
1.2 Antecedentes históricos .....	25
1.2.1 Evolución del sistema de soporte de decisiones .....	25
1.2.2 Hitos claves en la gestión académica.....	27
1.3. Antecedentes teóricos .....	27
1.3.1 Definición de sistema de soporte de decisiones (DSS).....	28
1.3.2 Inteligencia de negocios en la educación.....	29
1.3.3 Análisis de datos .....	31
1.3.4 Aplicación de un DSS en la gestión académica: Beneficios y desafíos.....	32
1.3.5 Importancia de KPIs en la gestión académica .....	35
1.3.6 Metodología VROps: Creación de dashboards para la toma de decisiones.....	36
1.3.7 Tecnologías y herramientas para la implementación del DSS.....	37
1.3.8.Calidad del producto de software.....	38

1.4 Antecedentes contextuales.....	38
1.4.1 Ámbito de aplicación .....	40
1.4.2 Establecimiento de los requerimientos .....	41
<b>CAPITULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO .....</b>	<b>42</b>
2.1 Definición del prototipo.....	42
2.2 Metodología de desarrollo del prototipo.....	42
2.2.1 Enfoque, alcance y diseño de investigación.....	42
2.2.2 Unidades de análisis.....	43
2.2.3 Métodos teóricos .....	43
2.2.4 Métodos empíricos.....	44
2.2.5 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos .....	45
2.2.6 Técnicas de procesamiento de datos para la obtención de resultados.....	45
2.2.7 Técnicas de análisis de datos para la obtención de resultados .....	46
2.2.8 Metodología o métodos específicos .....	47
2.2.9 Herramientas .....	48
2.3 Desarrollo del prototipo.....	48
2.3.1 Metodología para la definición de los KPIs .....	49
2.3.2 Integración de KPIs en la metodología VROps .....	52
2.4 Ejecución del prototipo.....	55
<b>CAPITULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO .....</b>	<b>58</b>
3.1 Plan de evaluación .....	58
3.1.1 Proceso .....	58
3.1.1 Evaluación de calidad aplicando la norma ISO/IEC 9126.....	59
3.1.2 Evaluación mediante herramientas de web performance.....	61
3.1.3 Evaluación de satisfacción a los usuarios .....	61

3.2 Resultados de la evaluación.....	63
3.2.1 Resultados de la evaluación de calidad.....	63
3.2.2 Resultados de la evaluación con herramientas web performance.....	64
3.2.3 Resultados de la evaluación de satisfacción a los usuarios.....	66
3.2.4 Prueba de hipótesis para proporciones.....	68
CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES .....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
ANEXOS.....	83
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	83
Anexo 2: Instrumento de recopilación de datos (entrevista) .....	85
Anexo 3: Encuesta de calidad según la norma ISO/IEC 9126 .....	86
Anexo 4: Encuesta de satisfacción de usuarios del DSS .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Categorización de las variables y dimensionamiento.....	18
<b>Tabla 2.</b> Preguntas de investigación .....	21
<b>Tabla 3.</b> Criterio de inclusión y exclusión.....	23
<b>Tabla 4.</b> Tipos de DSS.....	29
<b>Tabla 5.</b> Tipo de sistema de información .....	30
<b>Tabla 6.</b> Tipos de análisis de datos y sus características .....	32
<b>Tabla 7.</b> Categorización de las secciones que visualizaran los usuarios .....	39
<b>Tabla 8.</b> Establecimiento de los requerimientos.....	41
<b>Tabla 9.</b> Técnicas e instrumentos para recopilar datos.....	45
<b>Tabla 10.</b> Fases y actividades de la metodología VROps .....	47
<b>Tabla 11.</b> Herramientas utilizadas .....	48
<b>Tabla 12.</b> KPIs seleccionados para la sección de estudiantes .....	49
<b>Tabla 13.</b> KPIs seleccionados para la sección de docentes .....	50
<b>Tabla 14.</b> Widgets y sus criterios respectivos asignados.....	53
<b>Tabla 15.</b> Cronograma del plan de evaluación .....	58
<b>Tabla 16.</b> Características y subcaracterísticas de la norma ISO/IEC 9126 .....	58
<b>Tabla 17.</b> Características de evaluación para el prototipo.....	59
<b>Tabla 18.</b> Encuesta de calidad según la norma ISO/IEC 9126.....	60
<b>Tabla 19.</b> Encuesta de satisfacción de los usuarios .....	62
<b>Tabla 20.</b> Resultados de la encuesta de calidad ISO/IEC 9126.....	63
<b>Tabla 21.</b> Resultados de la encuesta de satisfacción de los usuarios.....	67
<b>Tabla 22.</b> Resumen de la encuesta de satisfacción categorizado por criterios .....	68
<b>Tabla 23.</b> Resumen de la encuesta de satisfacción en porcentaje categorizado por criterios.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de causa y efecto que presenta el problema central .....	16
<b>Figura 2.</b> Diagrama del proceso de selección de artículos SLR.....	23
<b>Figura 3.</b> Diagrama de resultado de búsqueda de cantidad de estudios por año .....	24
<b>Figura 4.</b> Diagrama de resultado de búsqueda por área de estudio .....	24
<b>Figura 5.</b> Red bibliométrica entre palabras claves .....	25
<b>Figura 6.</b> Línea de tiempo de la evolución del DSS.....	26
<b>Figura 7.</b> Antecedentes teóricos .....	28
<b>Figura 8.</b> Esquema arquitectónico del sistema.....	42
<b>Figura 9.</b> Estructura del proyecto en base a los componentes gráficos categorizados.....	54
<b>Figura 10.</b> Estructura de los servicios para la integración de la API .....	55
<b>Figura 11.</b> Page loading al inicio del sitio web .....	55
<b>Figura 12.</b> Resumen general de la sección de matriculados de los estudiantes .....	56
<b>Figura 13.</b> Vista de la categoría “niveles de inglés” de los estudiantes .....	56
<b>Figura 14.</b> Resumen general de la sección de los docentes.....	57
<b>Figura 15.</b> Representación de indicadores en gestión de syllabus y actas de calificaciones.....	57
<b>Figura 16.</b> Porcentaje de norma ISO/IEC 9126 por característica .....	63
<b>Figura 17.</b> Resultados de la evaluación realizada a través de la herramienta Lighthouse .....	64
<b>Figura 18.</b> Resultados de la evaluación realizada a través de la herramienta WebPageTest .....	65
<b>Figura 19.</b> Porcentaje de satisfacción de los usuarios por característica.....	67
<b>Figura 20.</b> Uso de la tabla de distribución de probabilidad normal estándar .....	70
<b>Figura 21.</b> Distribución normal con $Z_0$ y $Z_a$ .....	71

## GLOSARIO

**Angular:** Es uno marcos de trabajo que utiliza el lenguaje de programación TypeScript, utilizado por programadores para construir aplicaciones web y móviles.

**API:** Interfaz de programación de aplicaciones.

**BI:** Business Intelligence es el conjunto de procedimientos necesarios que proporciona una solución tecnológica que permite analizar el desempeño de una compañía.

**CES:** Consejo de Educación Superior.

**CACES:** Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior.

**CEAACES:** Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior.

**Dashboard:** Se refiere a una interfaz a la vista de todos los usuarios, donde se puede encontrar formas gráficas que representan las métricas e indicadores principales.

**DSS:** Sistema de soporte de decisiones, es un sistema integrado en los niveles de operación, administración y planificación de una organización.

**GraphQL:** Lenguaje de consulta para las API, brinda a los desarrolladores poder extraer los datos exactos sin necesidad de hacer múltiples solicitudes.

**IES:** Nombre que recibe las Instituciones de Educación Superior, entidades reconocidas por el territorio ecuatoriano como prestadoras del servicio público.

**KPI:** Indicador clave de rendimiento es una de las métricas más utilizadas por equipos y empresas para lograr objetivos empresariales.

**Scopus:** Base de datos bibliográfica que contiene una gama de documentos de diferentes autores, disciplinas académicas, utilizada por profesionales académicos como una importante herramienta de búsqueda en todo el mundo.

**SRL:** Systematic Review of the Literature, es una metodología científica, que implica la identificación, selección y análisis de una gran variedad de publicaciones y artículos en un campo específico.

**SIUTMACH:** Sistema informático de la Universidad Técnica de Machala.

**TIC:** Conjunto de herramientas de comunicación y tecnología utilizadas que permiten el procesamiento de información como datos, texto, voz, imágenes y video.

**TypeScript:** Lenguaje de programación ampliamente utilizado para la creación de páginas web dinámicas e interactivas.

**UTMACH:** Universidad Técnica de Machala es una institución educativa de nivel superior, ubicada en la ciudad de Machala.

**VOSviewer:** Es una herramienta de software empleada para construir redes bibliométricas, permite analizar relaciones entre términos, autores, documentos y otros objetos.

**VRops:** Metodología enfocada en las interacciones que tienen los usuarios con las métricas de los KPI que se muestra en el dashboard, mediante el uso de widgets y diseño visual de las metas planteadas.

**VSCoDe:** Visual Studio Code es un entorno de desarrollo ligero y capaz de ejecutar software en aplicaciones de escritorio, web y móviles.

**Widgets:** Encargados de mostrar información en los dashboard, cumple una tarea específica al cual es automatizar o facilitar acciones de forma rápida.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda la situación de la automatización de los indicadores clave de desempeño (KPI) de gestión académica en la Universidad Técnica de Machala en un tablero de control enfocado a la alta dirección, centrándose en categorías como estudiantes (matrícula, calificaciones, asistencia, educación continua, graduados) y docentes (resumen general, perfeccionamiento docente, distributivo docente, gestión de syllabus, actas de calificaciones,, heteroevaluación, avance académico, tutorías). Se implementó una solución de Inteligencia de negocios (BI) para presentar información oportuna y relevante de acuerdo a los siguientes roles institucionales: Autoridades principales (rector y vicerrectores), autoridades de facultades (decanos y subdecanos), directores departamentales y coordinadores de carrera. Esto surge antes las dificultades que enfrenta el personal estratégico al momento de orientar y medir la eficacia de los procesos académicos para lograr sus objetivos institucionales.

Optimizar la gestión académica es fundamental para asegurar la calidad y eficiencia de los procesos educativos en las Instituciones de Educación Superior (IES), se requiere identificar los KPIs y alinearlos con la misión, visión y objetivos de la Universidad, lo cual es crucial para el desarrollo de planes estratégicos coherentes a largo y corto plazo. En Ecuador, y en Latinoamérica en general, existen organismos e instrumentos que impulsan el desarrollo del sistema educativo, en nuestro caso, el Consejo de Educación Superior (CES) y el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES) [1], quienes han desarrollado el Modelo de Evaluación de Carreras con fines de Acreditación, el cual incluye criterios e indicadores que contribuyen a comprender mejor el nivel de logro y calidad de los procesos que se desarrollan en las IES [2].

La motivación detrás de esta investigación surge de la necesidad que tienen estas instituciones de contar con herramientas de monitoreo efectivas, que empleen indicadores para gestionar y evaluar sus procesos académicos. Por lo anterior, al integrar una solución de Inteligencia de Negocios (BI) facilita el análisis y la visualización de los datos brindando un soporte para comprender mejor la situación de diferentes tareas académicas, lo que podría prevenir problemas a futuro. Este trabajo se posiciona como uno de los pioneros en la implementación de un panel de control intuitivo, diseñado como un módulo integrado dentro del sistema informático de la Universidad, dicho panel está orientado a los niveles tácticos y estratégicos de la institución, y se fundamenta en la utilización de indicadores clave de desempeño, los cuales son esenciales para la toma de decisiones informadas en la gestión académica.

El objetivo propuesto consiste en la implementación de un DSS especializado en gestión académica, mediante el empleo de Inteligencia de Negocios, este enfoque busca facilitar la identificación de oportunidades de mejora y la mitigación de riesgos asociados. El sistema está diseñado para extraer, procesar y presentar los KPIs de manera eficiente y comprensible, apoyando la toma de decisiones basadas en datos fiables y en tiempo real.

La evaluación de los resultados obtenidos a través del tablero de control se llevó a cabo siguiendo los estándares de la normativa ISO/IEC 9126, enfocándose en su integración y funcionalidad dentro del SIUTMACH. Además, se recabó la opinión de los usuarios mediante una encuesta de satisfacción, con el fin de determinar la facilidad de uso y claridad en la visualización de los datos proporcionados por el sistema.

## **i. Declaración y formulación del problema**

### **Declaración del problema**

En la actualidad, el sistema educativo se encuentra inmerso en una era de evolución tecnológica y disponibilidad de datos. Este hecho ha generado un importante desafío al momento de optimizar los procesos tradicionales en las instituciones educativas. Ahora, las universidades están en constante actualización, adoptando soluciones vanguardistas para las diferentes necesidades departamentales, como la ciencia de datos e inteligencia de negocios. Estos enfoques son esenciales para alcanzar la excelencia académica, ya que permiten optimizar los recursos, ya sea en términos de presupuesto, tiempo, rendimiento académico y administrativo [3].

En Ecuador, existen instituciones encargadas de la evaluación y acreditación de las Instituciones de Educación Superior (IES), como es el caso de El Consejo de Educación Superior (CES) y el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES). De acuerdo con [4], el desarrollo de un DSS que emplee inteligencia de negocios y análisis de datos como soporte dentro de las direcciones académicas, programas y carreras, alineándose con los objetivos institucionales, no solo contribuye de manera significativa a los resultados de evaluación, sino también estas herramientas permiten a las instituciones tomar decisiones basadas en evidencia y trabajar hacia una mejora continua en la calidad educativa [5].

La Universidad Técnica de Machala, en su Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI) 2023-2027 [6], declara como eje estratégico “Incrementar la eficiencia y eficacia de los servicios institucionales que se brindan a la comunidad universitaria”, este se dirige a administrar la

asignación presupuestaria, del personal, sistemas de información, entre otros aspectos, además el seguimiento y evaluación de procesos internos. Para lograrlo, se necesita el fortalecimiento de los sistemas de información con funcionalidades intuitivas en base a reportes de indicadores clave, que se encarguen de apoyar la mejora de procesos para incrementar la productividad de la gestión universitaria.

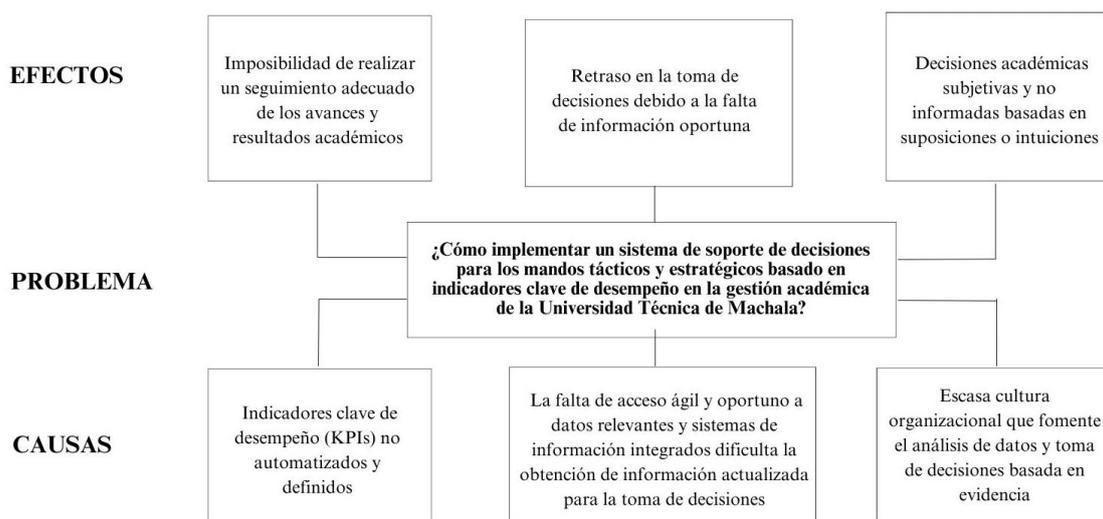
Por tales motivos, según el PEDI [6], un análisis FODA, basado en una encuesta a la comunidad universitaria ha identificado dos factores que inciden y limitan el desempeño de la institución, estos son: la falta de coordinación para el trabajo en equipo entre las unidades académicas y administrativas, así como la resistencia al cambio ante los procesos de innovación institucional. Por ello, el departamento de TICs de la UTMACH, responsable de administrar las bases de datos históricas y de la generación de informes del estado actual de la gestión de las diferentes áreas y departamentos de la institución, requiere del desarrollo de un panel de control intuitivo, este panel tiene como objetivo es visualizar los indicadores de gestión académica más relevantes para optimizar la comunicación entre direcciones y departamentos. Por lo tanto, se realizó un análisis de los procesos internos involucrados en la productividad académica en la Universidad. Es importante señalar que las competencias de la Universidad se basan en ejes sustantivos, que incluyen Docencia, Investigación y Vinculación cuyos procesos abordan la formación académica, investigación, vinculación con la sociedad y gestión [6]. Para esta investigación, se decidió abordar el proceso de “Gestión académica”, ya que es el más necesario en las actividades diarias de la universidad.

A pesar de los avances y las acciones emprendidas, persisten desafíos significativos en la gestión académica, tal como el apoyo tecnológico e informado en la toma de decisiones, particularmente en los niveles tácticos y estratégicos, lo que dificulta la orientación adecuada de las acciones que se deben realizar en estos niveles, debido a la falta de automatización de KPIs, ya que no existe un sistema que ayude a visualizarlos de manera oportuna y dinámica [3]. En este sentido, la solución que se propuso en este trabajo es la implementación de un DSS basado en indicadores de gestión académica de la UTMACH, que permite superar las limitaciones actuales al proporcionar una plataforma tecnológica que recopile, analice y presente la información relevante de manera clara y accesible, facilitando la toma de decisiones informadas y estratégicas en la Universidad.

Luego de revisar las posibles soluciones de diversos aportes literarios relacionados con la implementación de herramientas de inteligencia de negocios en el sector educativo, y una vez aplicadas algunas entrevistas para identificar los factores que influyen en la eficiencia de la gestión

académica, el problema de investigación se plantea de la siguiente manera: ¿Cómo implementar un sistema de soporte de decisiones para los mandos tácticos y estratégicos basado en indicadores clave de desempeño en la gestión académica de la UTMACH?

La resolución de este problema permitirá a la Universidad contar con un sistema que facilite la toma de decisiones basadas en información exacta, certera y puntual, permitiendo a los usuarios visualizar datos relevantes y analizarlos para orientar sus acciones de manera más eficiente y efectiva, fomentando así la mejora de la administración académica y la planificación estratégica, beneficiando a la institución en su conjunto. En la **Figura 1** se presenta un árbol de causas, problemas y efectos identificados.



*Figura 1. Diagrama de causa y efecto que presenta el problema central*

## Formulación del problema

¿Cómo implementar un sistema de soporte de decisiones para los mandos tácticos y estratégicos basado en indicadores clave de desempeño en la gestión académica de la Universidad Técnica de Machala?

- ¿Cómo obtener información histórica relevante y útil para el diseño y construcción de un DSS?
- ¿Cuáles son los indicadores claves de desempeño para la gestión académica?
- ¿Qué tecnologías o plataformas son adecuadas para implementar un DSS en la UTMACH?
- ¿Cómo diseñar un dashboard o tablero de control intuitivo basado en KPIs que proporcione una clara visualización para los mandos tácticos y estratégicos?
- ¿Cómo determinar la calidad del sistema de soporte de decisiones?

## **ii. Objeto de estudio y campo de acción**

### **Objeto de estudio**

- El objeto de estudio es “KPIs de gestión académica en la UTMACH”.

### **Campo de acción**

- Inteligencia de negocios aplicada a la gestión académica.

## **iii. Objetivos**

### **Objetivo general**

- Implementar un sistema de soporte de decisiones basado en indicadores clave de desempeño de gestión académica en la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), aplicando Inteligencia de negocios, para la presentación oportuna y satisfactoria de la información académica de interés, dirigido a los mandos tácticos y estratégicos de la institución.

### **Objetivos específicos**

- Realizar una búsqueda bibliográfica exhaustiva de fuentes científicas, artículos, libros y documentos relevantes para el desarrollo del DSS.
- Seleccionar la metodología y tecnologías más adecuadas para implementar el sistema de soporte de decisiones en la UTMACH, asegurando su integración con los sistemas existentes.
- Identificar los indicadores clave de desempeño (KPIs) esenciales de gestión académica en la UTMACH, basándose en las mejores prácticas del sector educativo.
- Diseñar un tablero de control intuitivo que brinde una clara visualización de los indicadores clave de desempeño para los mandos tácticos y estratégicos de la UTMACH, asegurando su facilidad de uso y la accesibilidad de la información.
- Evaluar la calidad del sistema de soporte de decisiones mediante pruebas de rendimiento y la retroalimentación de los usuarios, realizando ajustes y mejoras necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y aceptación.

#### iv. Hipótesis y variables o preguntas de investigación

##### Hipótesis

- La implementación de un DSS basado en KPIs de gestión académica de la UTMACH permitirá la presentación oportuna y satisfactoria de la información académica de interés para apoyar las decisiones de los mandos tácticos y estratégicos de la institución.

##### Variables y dimensionamiento

La categorización de las variables y dimensionamiento se pueden observar en la **Tabla 1**.

*Tabla 1. Categorización de las variables y dimensionamiento*

Descripción	Categorías	Indicadores	Técnicas
<b>Variable independiente:</b> Implementación de un DSS basado en KPIs de gestión académica en la UTMACH	Herramientas de desarrollo	Entorno de desarrollo	Visual Studio Code
		Framework	Angular
		Lenguaje de programación	TypeScript
		Lenguaje de consulta	GraphQL
	Metodología	Definición de KPIs	Análisis de las mejores prácticas, consulta a los stakeholders, identificación de los datos disponibles, selección de los KPIs.
		VROps	Definir el objetivo del dashboard, selección de componentes gráficos, construcción del dashboard, integración de datos, pruebas de interfaz y refinamiento [7].
<b>Variable dependiente:</b> Presentación oportuna y satisfactoria de la información académica de interés para apoyar las decisiones de los mandos tácticos y estratégicos de la institución	Rendimiento y calidad del Sistema	Evaluar calidad del sistema	ISO/IEC 9126 Herramientas de web performance
	Aceptación	Satisfacción de los usuarios	Encuesta y entrevista a los usuarios

##### v. Justificación

La presente investigación pretende incorporar un sólido sistema de soporte, automatizado con los KPIs esenciales de gestión académica en la UTMACH, que sirva como herramienta de generación de conocimiento importante para la formulación de estrategias, tener un mejor control, toma

decisiones y planificación. Este sistema permitirá al personal estratégico obtener una visión general del desempeño del establecimiento.

Ante el problema de gestión académica de la Universidad, que evidencia la necesidad de tener un sistema para apoyar las decisiones de los mandos tácticos y estratégicos basado en los indicadores clave de desempeño, resulta de interés propio llevar a cabo esta investigación. Esta busca ayudar a mejorar la calidad del sistema educativo, respaldar las acciones emprendidas por la administración para fortalecer el desarrollo institucional, y poder juzgar el desempeño de la gestión académica de las distintas carreras y facultades, aprovechando los avances en el análisis de datos e inteligencia de negocios.

Esta investigación busca proporcionar información de utilidad para el departamento de TICs y la comunidad universitaria. Los mandos tácticos y estratégicos podrán apoyarse en ella para la toma de decisiones informadas, mejorando así la calidad de la gestión académica. Asimismo, personal administrativo, docentes y estudiantes se beneficiarán de una gestión más eficiente y transparente. Además, las conclusiones definidas en esta investigación son trascendentales para la sociedad, ya que responden a la necesidad actual detectada con soluciones tecnológicas que proporcionen indicadores que les permitan medir y dar seguimiento al desempeño de procesos de gestión académica.

La solución propuesta proporciona KPIs de gestión necesarios en las tareas académicas, permite respaldar y generar conocimiento para asistir en el proceso de toma de decisiones, facilitando el análisis de diferentes tipos de datos como: cantidad de alumnos matriculados, cantidad de docentes con horas de investigación, porcentaje de sílabos ingresados y finalizados, porcentaje de avance académico, así como la identificación de patrones para prevenir y corregir posibles riesgos. Además, el análisis de los datos recolectados sirve como base para la mejora de los planes de acción de gestión universitaria, el rendimiento en los procesos de evaluación de carreras y en particular que favorezca a los procesos de asuntos académicos.

## **vi. Organización del documento**

El presente trabajo de investigación está dividido en tres capítulos, donde se detallan las actividades desarrolladas desde el planteamiento del problema a investigar, como se ha implementado y finalmente la evaluación del mismo.

**Capítulo I:** Aquí se encuentra la base teórica de este proyecto, que incluye temas relevantes y conceptos utilizados, así como tecnologías. Además, esta sección está dividida en antecedentes de investigación, hitos históricos, teóricos y contextuales.

**Capítulo II:** Se definen los métodos y técnicas utilizados para lograr el objetivo principal, además de las fases propuestas por las metodologías escogidas y personalizadas para la elaboración y ejecución del prototipo.

**Capítulo III:** Se realizaron las debidas pruebas del producto final en la respectiva evaluación de la calidad, rendimiento del DSS y encuesta de satisfacción a los usuarios para la gestión académica de la UTMACH.

# CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

Inicialmente, se realizó una revisión exhaustiva de artículos; posteriormente, se efectuó un análisis de todos los fundamentos teóricos, como las variables de investigación y el campo de estudio. Finalmente, en los antecedentes contextuales, se aborda el lugar de la investigación o institución y los procesos que iban a ser automatizados, así como las funciones del DSS.

## 1.1 Antecedentes de la investigación

Para el estudio, se realizó un análisis sistemático de la literatura mediante la metodología SRL (Systematic Review of the Literature) [8]. Esta metodología facilitó la identificación y el análisis sistemático de fuentes científicas, artículos, libros y documentación relevante sobre el tema, con el propósito comprender a detalle el estado del arte en este campo. Además, se utilizó la herramienta de software VOSviewer, que permitió crear un mapa bibliométrico de una base de datos bibliográfica como Scopus. Esto facilitó la visualización de un panorama general del tópico de estudio, mediante la selección de palabras clave.

### a) Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación se formularon con el objetivo de orientar y guiar los procedimientos de búsqueda bibliográfica, los mismos que se detallan en la **Tabla 2**.

*Tabla 2. Preguntas de investigación*

Preguntas de investigación	Descripción y motivación
¿Qué desafíos se identifican en la literatura de investigación relacionada con DSS y gestión académica?	Identificar los principales desafíos y obstáculos documentados en la literatura científica sobre la implementación de un DSS en el ámbito de la gestión académica. Esto permitirá comprender las dificultades comunes y los puntos críticos a considerar en el desarrollo de un DSS eficiente para la toma de decisiones en el contexto educativo.
¿Cuáles son los KPIs utilizados en la gestión académica?	Identificar y analizar los KPIs más relevantes y ampliamente utilizados en el ámbito de la gestión académica. Esto proporcionará una base sólida para la selección y definición de los KPIs a considerar en el diseño y desarrollo del DSS para la toma de decisiones estratégicas y tácticas en la institución educativa.
¿Cuáles son los procesos para desarrollar un DSS en el ámbito académico?	Explorar los pasos y metodologías existentes para el desarrollo de un sistema de soporte de decisiones en el ámbito académico, considerando las mejores prácticas y enfoques comunes. Esto permitirá tener una comprensión clara de los procesos involucrados y garantizar una implementación exitosa del DSS en la institución educativa.

Preguntas de investigación	Descripción y motivación
¿Qué técnicas y herramientas se utilizan en la implementación de un DSS para la gestión académica?	Investigar las técnicas y herramientas más utilizadas en la creación de un DSS para la administración educativa. Esto ayudará a identificar las mejores opciones tecnológicas y metodológicas para el diseño y desarrollo del DSS, asegurando la eficiencia y efectividad del sistema en la toma de decisiones estratégicas y tácticas.
¿Cuáles son los beneficios de implementar un DSS en una IES?	Evaluar y analizar los beneficios potenciales de un DSS en una institución de educación superior, destacando cómo puede mejorar la eficiencia, la efectividad y la planificación táctica en el ámbito académico. Esto proporcionará una base sólida para justificar la necesidad de implementar un DSS en la institución.
¿Cuáles son los principales problemas asociados con la gestión académica en una IES?	Identificar y analizar los problemas y desafíos más comunes que enfrentan las IES en la gestión académica. Esto permitirá comprender los aspectos críticos que deben abordarse y mejorar a través de la implementación de un DSS, asegurando una gestión más eficiente y efectiva en la institución.

## b) Palabras claves y cadena(s) de búsqueda

Para esta investigación se desarrolló una estrategia metódica de búsqueda de información utilizando diversas bases de datos bibliográficas. Se seleccionaron palabras clave y cadenas de búsqueda que abarcaron conceptos clave de nuestro estudio.

- Sistema de soporte de decisiones
- Inteligencia de negocios
- Indicadores clave de desempeño de gestión académica
- Institución de educación superior

### Cadena de búsqueda en español

- (Sistema OR Software) AND (soporte AND decisiones) AND (gestión académica OR universidad)
- (Inteligencia AND negocios) AND (gestión) AND (académica OR institución AND educación AND superior)
- (Indicadores AND clave AND desempeño) OR (KPI)

### Cadena de búsqueda en inglés

- (Software OR System) AND (support AND decisions) AND (academic management OR university)
- (Business AND Intelligence) AND (management) AND (academic OR university)

- (Key AND Performance AND Indicators) AND (KPI)

### c) Criterios de inclusión y exclusión

Tabla 3. Criterio de inclusión y exclusión

#	Criterios de inclusión
1	Artículos publicados en revistas científicas reconocidas
2	Estudios secundarios
3	Estudios que abordan la Inteligencia de negocios
4	Estudios que relacionan indicadores clave de desempeño de gestión académica
5	Estudios relacionados con sistemas de soportes de toma de decisiones
6	Estudios publicados a partir del año 2019 en adelante
#	Criterios de exclusión
1	Artículos cortos ( $\leq 5$ páginas)
2	Estudios duplicados o trabajos redundantes de la misma autoría
3	Estudios claramente irrelevantes para la investigación.
4	Literatura gris
5	Publicaciones cuyo texto no estaba disponible
6	Estudios anteriores a 2019
7	Estudios que no estén escritos en inglés o español.

### d) Proceso y resultados de la búsqueda

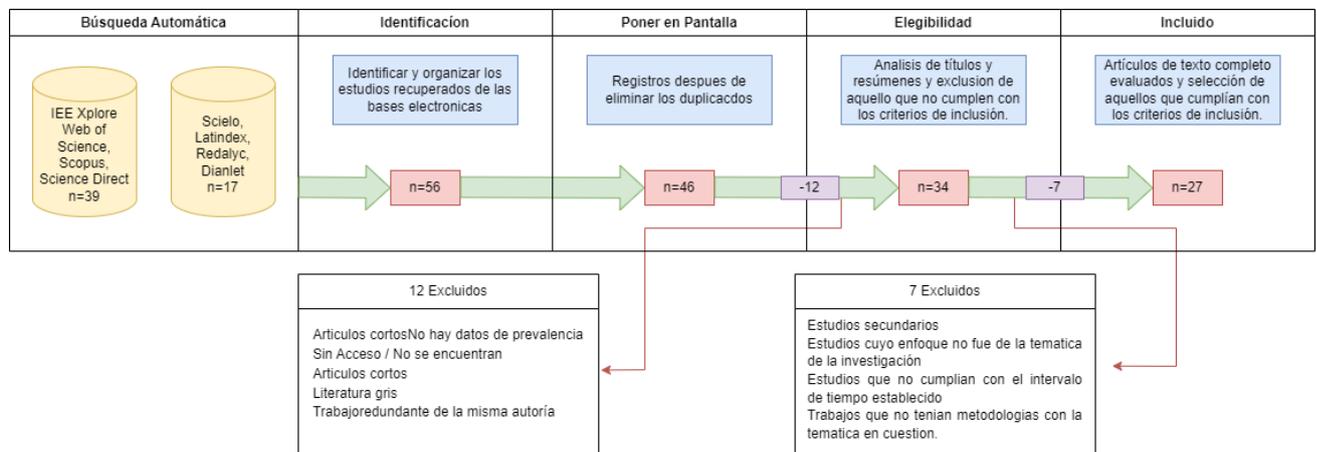
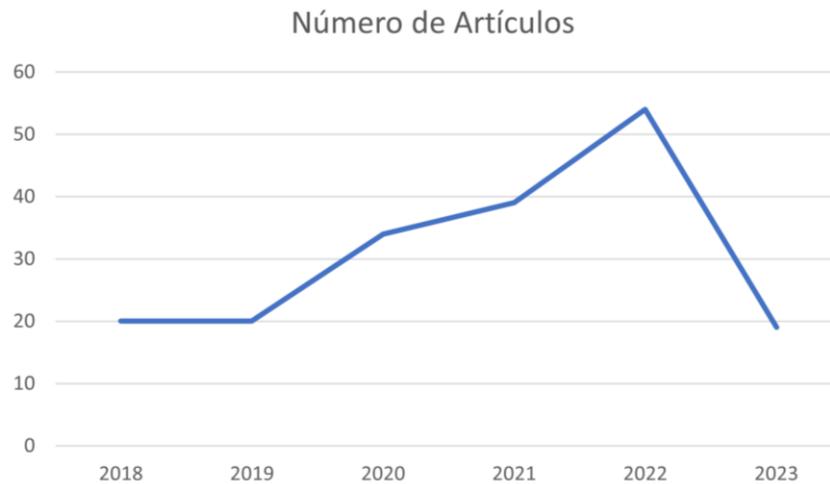


Figura 2. Diagrama del proceso de selección de artículos SLR

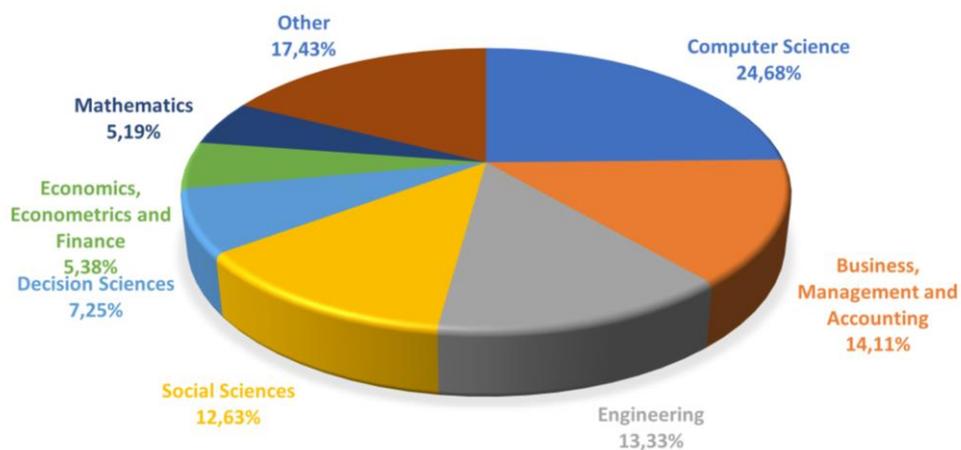
## Resultados de la búsqueda

En la **Figura 3** se visualiza el número de estudios por año, que abarcan desde 2017 hasta 2023, revelando un crecimiento de trabajos de investigación referentes a la temática de la inteligencia de negocios en las universidades durante el año 2022.



*Figura 3. Diagrama de resultado de búsqueda de cantidad de estudios por año*

En la **Figura 4** se muestra un diagrama con los resultados de la búsqueda por área de estudio. Podemos observar que el 24,68% de los trabajos de investigación están enfocados en el área de las ciencias computacionales, lo que indica un interés significativo en este campo.



*Figura 4. Diagrama de resultado de búsqueda por área de estudio*

Se empleó la herramienta VOS-Viewer para crear un gráfico que muestra la concurrencia y relación entre las palabras clave encontradas en la búsqueda. En la **Figura 5**, se puede apreciar que las palabras clave "Inteligencia de negocios", "Sistema de soporte de decisiones",



Guo, Wang, Xu, et al. [10], utilizaron un DSS para el procesamiento de la información en una fábrica inteligente. Aplicando un modelo de minería de datos en IoT, esto permitió analizar datos estadísticos, describir correlaciones, mejorar el control de fabricación, tomar decisiones inteligentes y aportar un valor económico significativo.

Zhu, Cao, Shen, et al. [11], presentaron un DSS en un hospital de Shanghái para tratamientos multidisciplinarios que integra un sistema de recomendación y un módulo de votación para recopilar comentarios de múltiples especialistas. Los autores describieron que el DSS ha disminuido el tiempo que toma resolver cada caso al proporcionar recomendaciones inteligentes basados en el método de clasificación k-NN, métodos basados en directrices médicas y métodos basados en reglas para sugerir tratamientos racionales.

Berrú, Hernández, et al. [12], propusieron un panel de control para la automatización de riego en un cultivo de banano, utilizando tecnología de internet de las cosas. Este tablero presentaba variables recopiladas de temperatura, humedad del ambiente y tierra, presión de agua y control en tiempo real. De igual modo, Mazón, Rivas, et al. [13], propusieron una solución BI y DM, basada en KPIs en los procesos de producción y ventas en una empresa avícola. Utilizaron la metodología CRISP-M y un dashboard que permitió la visualización de estadísticas de KPIs y análisis multidimensional OLAP, proporcionando a los administradores de negocio una mejor visión de sus datos. En la **Figura 6** se resume la evolución del DSS.

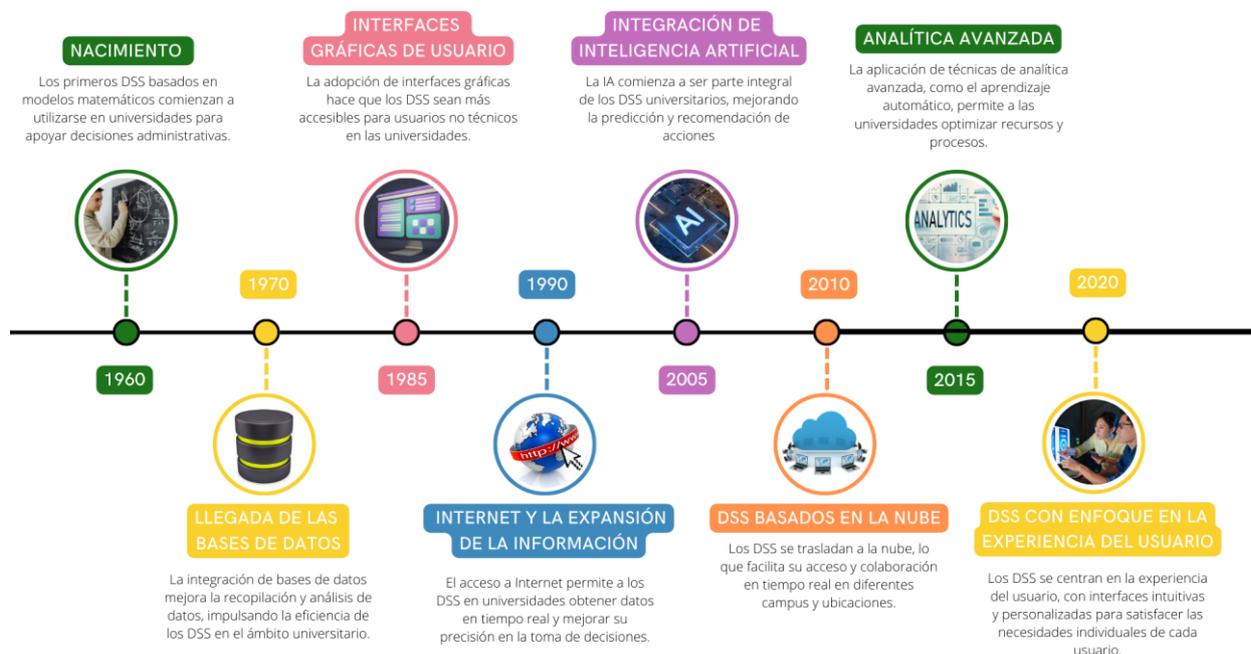


Figura 6. Línea de tiempo de la evolución del DSS

### **1.2.2 Hitos claves en la gestión académica**

La gestión académica en las instituciones de educación superior ha involucrado una amplia gama de actividades, desde la administración de cursos y programas hasta la evaluación y mejora de la enseñanza y el aprendizaje. Una gestión académica efectiva ha sido esencial para alcanzar altos estándares educativos y satisfacer las necesidades de estudiantes y personal.

A lo largo de la historia, según el estudio [14], las instituciones educativas han enfrentado constantemente una serie de adaptaciones y mejoras en su estructura, como la llegada de las TICs, que ha revolucionado el desempeño de las actividades institucionales, logrando muchos beneficios significativos tales como: la optimización de la gestión académica, la agilización de los procesos administrativos, el aumento de la accesibilidad a la información y la mejora de la comunicación efectiva entre los diferentes actores involucrados en la educación superior. No obstante, [15] considera que aún existen retos por superar en términos de aprovechamiento de los nuevos avances de las TICs y su integración en los procesos educativos.

Como manifiesta [16], la gestión académica es un proceso o enfoque de trabajo, orientado a mejorar los proyectos educativos hasta la administración de recursos humanos y materiales, incluyendo tareas como la planificación, coordinación, supervisión y evaluación de las actividades académicas, con el objetivo principal de asegurar una gestión eficaz de los recursos disponibles y el logro de los objetivos institucionales. Del mismo modo, [16] indica que se enfoca en identificar áreas de mejora, perfeccionar los procedimientos pedagógicos y fomentar la toma de decisiones respaldadas en información precisa y fundamentada en datos.

Los desafíos actuales, como la adaptación a los entornos de aprendizaje en línea y la gestión de datos académicos complejos, están modelando el futuro de la gestión académica, abriendo oportunidades para innovaciones y mejoras en la eficiencia y efectividad de las IES.

### **1.3. Antecedentes teóricos**

Se abordaron diversos temas relevantes para el desarrollo de la investigación, explorando el campo del análisis de datos e inteligencia de negocios. Se analizó la aplicación de técnicas y procedimientos destinados a la extracción de información valiosa a partir de grandes conjuntos de datos. En la **Figura 7** se resume de los temas tratados.

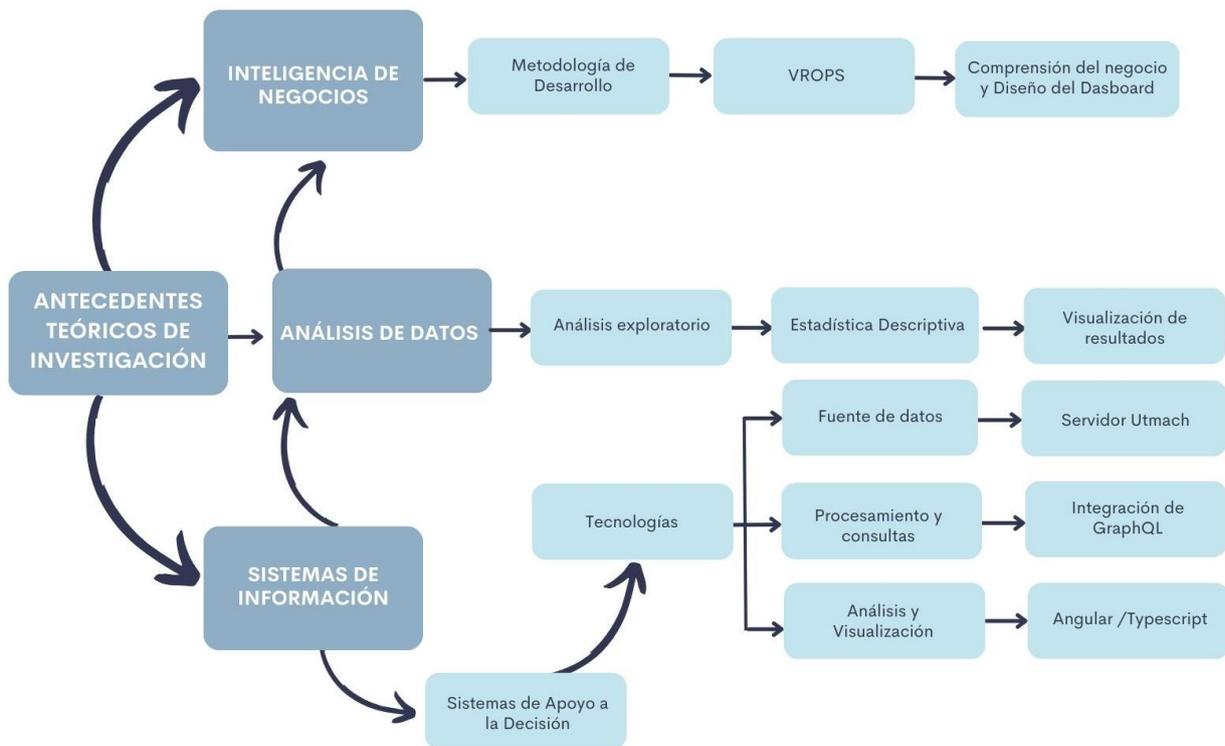


Figura 7. Antecedentes teóricos

### 1.3.1 Definición de sistema de soporte de decisiones (DSS)

Maidelyn [17], menciona que un DSS es una herramienta tecnológica que combina datos, modelos y técnicas analíticas para facilitar la toma de decisiones empresariales, proporcionando a los usuarios una plataforma interactiva y personalizada para acceder, analizar y visualizar información relevante, lo que les permite evaluar diferentes escenarios y el impacto de sus decisiones. Además, Un DSS puede abarcar diversas fases, como la adquisición y almacenamiento de datos, el análisis y modelado, y la presentación de resultados.

Según el estudio [18], existen diferentes tipos de DSS, como los basados en reglas, los basados en modelos y los basados en datos, la arquitectura puede variar, pero suele incluir componentes como la interfaz de usuario, el motor de análisis, la base de datos y las herramientas de visualización. En [19], se sostiene que, en el ámbito académico, un DSS puede ser una herramienta invaluable para los mandos tácticos y estratégicos, ya que les permite acceder a indicadores clave de desempeño, realizar análisis comparativos, identificar tendencias y tomar decisiones fundamentadas para mejorar la gestión académica. En la **Tabla 4** se describe los tipos de sistemas de soportes de decisiones.

*Tabla 4. Tipos de DSS*

<b>Tipos de DSS</b>	<b>Descripción</b>
Basados en texto	Proporcionan información en formato de texto, ayudando a los usuarios a comprender datos y descripciones relevantes para la toma de decisiones.
Basados en gráficos y tablas	Presentan información en forma visual, como gráficos y tablas, que facilitan la interpretación rápida y la identificación de patrones y tendencias.
Basados en bases de datos	Almacenan y acceden a grandes volúmenes de datos estructurados, lo que permite realizar análisis más detallados y complejos.
Basados en modelos y simulaciones	Utilizan modelos matemáticos y simulaciones para representar situaciones y escenarios, lo que ayuda a evaluar el impacto de diferentes decisiones.
Basados en sistemas expertos	Incorporan conocimiento experto y reglas para proporcionar recomendaciones y soluciones a problemas específicos.

*Fuente: Una adaptación basada en [20].*

### **1.3.2 Inteligencia de negocios en la educación**

En el estudio [21], se refiere a las tecnologías, aplicaciones y prácticas utilizadas para recopilar, analizar y presentar información relevante para la toma de decisiones en el ámbito empresarial. su objetivo principal es transformar los datos en conocimiento accionable, brindando a los usuarios una visión integral de la organización y su entorno. Jourdan, Rainer y Marshall [22], describen la historia del arte de la inteligencia de negocios basada en importantes artículos sobre una variedad de temas, donde se ha demostrado que las soluciones BI son cada vez más importantes para los investigadores y profesionales.

En el trabajo [23], se describe que las organizaciones utilizan la Inteligencia de negocios para monitorear el desempeño, identificar oportunidades, mejorar la eficiencia operativa y obtener una ventaja competitiva. Por otro lado, en el ámbito educativo, la utilización de técnicas y herramientas de análisis en la toma de decisiones y la planificación estratégica, permiten analizar una amplia gama de datos, como rendimiento estudiantil, eficiencia operativa y tendencias de matriculación, con el objetivo de mejorar la calidad y eficacia de la educación. Según Renz y Hilbig [24], se observó que en el mercado educativo cada vez hay un mayor número de empresas que adoptan modelos negocios basados en EdTech, definidos por ellos como “la digitalización de los servicios educativos y modelos de negocio”.

Por otro parte, Calitz et al. [5] y Leal et al. [25], demostraron que la inteligencia de negocios es un componente clave de un marco de informes de sostenibilidad para las IES. Los autores describen que BI utiliza métodos y tecnologías que recopilan, almacena, analizan e informan datos comerciales para ayudar a las universidades a tomar decisiones comerciales, así como también se anima a las IES a informar utilizando datos financieros, educativos (títulos otorgados e investigaciones), datos sociales (matrículas) y datos económicos (impactos).

En [26], se muestra cómo esta disciplina engloba la recolección, almacenamiento y análisis de datos provenientes de diversas fuentes, desde registros académicos hasta plataformas digitales, generando información de alta relevancia que ayuda a las instituciones a adaptarse mejor a las necesidades cambiantes y a tomar decisiones basadas en evidencias sólidas.

Se debe tomar en cuenta que el uso de BI en las IES puede ayudar a la generación de informes para garantizar el cumplimiento de normativas, aportando información relevante requerida por una herramienta de evaluación institucional y organismos reguladores. Según Calitz, Bosire y Cullen [5], las organizaciones necesitan información para monitorear el desempeño de sus estrategias frente a los objetivos establecidos. En la **Tabla 5** se describe el tipo de sistema de información en los diferentes niveles de la organización.

*Tabla 5. Tipo de sistema de información*

<b>Tipo de sistema de información</b>	<b>Descripción</b>	<b>Niveles de organización</b>
Sistemas de procesamiento de datos	Automatizan la recopilación, almacenamiento y procesamiento de datos básicos utilizados en transacciones comerciales y operaciones diarias.	Nivel operativo
Sistemas de información gerencial	Proporcionan información a los gerentes para facilitar la toma de decisiones y el control de actividades. Incluyen informes y paneles de control.	Nivel gerencial
Sistemas de información táctica	Apoyan la planificación a mediano plazo y la toma de decisiones tácticas, proporcionando información detallada y análisis para los niveles intermedios.	Nivel táctico
Sistemas de información estratégica	Ayudan a la alta dirección en la toma de decisiones estratégicas a largo plazo, utilizando datos e información para identificar oportunidades y desafíos.	Nivel estratégico
Sistemas de apoyo a la precisión	Facilitan el análisis de datos complejos y proporcionan herramientas interactivas para ayudar a los usuarios en la toma de decisiones estructuradas.	Niveles gerencial y estratégico
Sistemas de información ejecutiva	Suministran información clave y resúmenes de alto nivel para los ejecutivos y altos directivos, permitiendo una visión rápida del desempeño de la empresa.	Nivel estratégico

*Fuente: Una adaptación basada en [20].*

En [26], se mencionan que la visualización de datos y la creación de dashboards presentan un aspecto importante en la Inteligencia de negocio, dado que estos elementos visuales proporcionan una representación clara y concisa de la información, facilitando su interpretación y análisis. En otras palabras, desarrollar paneles de control personalizados y estéticamente atractivos es esencial para la toma de decisiones de manera rápida y efectiva en el entorno académico, ya que permite a los líderes educativos anticipar tendencias, identificar oportunidades y diseñar estrategias orientadas a la mejora continua.

### **1.3.3 Análisis de datos**

La aplicación de técnicas de análisis de datos enfocados en la administración educativa ha adquirido importancia en los últimos años, dado que permiten el análisis de grandes volúmenes de datos con el fin de extraer conocimientos valiosos que respalde la toma de decisiones estratégicas y tácticas en la gestión académica. Como lo ratifica [27], mediante el uso de técnicas de ciencias de datos, machine learning y análisis estadístico, es posible identificar patrones, tendencias y relaciones ocultas en los datos académicos, lo cual contribuye a una toma de decisiones más rápida y fundamentada.

Contreras, Fuentes y Rodríguez [27], señalan que es una disciplina que se centra en la interpretación y el descubrimiento de patrones, tendencias y relaciones significativas a partir de conjuntos de datos; implica la recopilación, limpieza y transformación de datos, seguida de la aplicación de técnicas y algoritmos estadísticos para revelar conocimientos y tendencias ocultas. El análisis de datos en la gestión académica puede abordar diversas áreas, como el rendimiento estudiantil, la eficacia de los programas educativos, la identificación de factores que influyen en el éxito académico, entre otros.

Las técnicas utilizadas en el análisis de datos pueden incluir estadísticas descriptivas, análisis exploratorio, modelos predictivos y técnicas de minería de datos [28]. Al aplicarlas en la gestión académica, se pueden identificar oportunidades de mejora, realizar pronósticos y generar información valiosa para la toma de decisiones estratégicas y tácticas.

Esta ciencia se ha vuelto cada vez más relevante en la gestión académica debido a la gran cantidad de datos generados por las instituciones educativas y la necesidad de obtener información útil de estos datos para mejorar los procesos educativos y el rendimiento general. La disponibilidad de herramientas y tecnologías avanzadas para el análisis de datos, como software especializado y plataformas de análisis, ha facilitado su implementación en entornos académicos.

De acuerdo con [27], el análisis de datos permite una comprensión profunda de los estudiantes y su desempeño, lo cual abre la puerta a intervenciones más personalizadas y efectivas para su éxito académico. Así mismo, el análisis de datos proporciona una base sólida para la evaluación continua de programas educativos y la toma de decisiones basada en evidencia. A continuación, se presenta en la **Tabla 6** los tipos de análisis de datos y sus características:

*Tabla 6. Tipos de análisis de datos y sus características*

<b>Tipo de Análisis</b>	<b>Descripción</b>
Estadística descriptiva	Analiza y condensa la información utilizando medidas de centralización (promedio, punto medio, y valor más frecuente), indicadores de variabilidad (varianza, amplitud) y visualizaciones (diagramas de barras, curvas de frecuencia, diagramas circulares).
Análisis correlacional	Investiga el vínculo entre diversas variables para establecer si hay una conexión o dependencia mutua, lo que permite descubrir tendencias y verificar la existencia de relaciones lineales o curvas entre ellas.
Análisis de regresión	Explora cómo una variable objetivo se ve influenciada por otras variables predictoras. Esto ayuda a estimar el comportamiento de una variable basándose en los valores de otras variables interconectadas.
Análisis de clúster	Agrupar datos similares en conjuntos o clúster con base en sus características y similitudes. Se utiliza para identificar patrones y segmentar datos en grupos homogéneos para realizar análisis más detallados.
Análisis de componentes principales (PCA)	Reduce la dimensionalidad de los datos al transformar las variables originales en un nuevo conjunto de variables llamadas componentes principales. Se utiliza para simplificar la estructura de los datos y destacar las relaciones más importantes.
Análisis de series temporales	Analiza datos que están ordenados en el tiempo para identificar patrones, tendencias y estacionalidades. Se utiliza para realizar pronósticos y proyecciones basados en el comportamiento pasado de los datos.

*Fuente: Esta es una adaptación basada en [29].*

### **1.3.4 Aplicación de un DSS en la gestión académica: Beneficios y desafíos**

La aplicación de un DSS en la gestión académica conlleva una serie de beneficios tangibles. La agilidad en la recopilación y análisis de datos facilita una toma de decisiones más oportuna y fundamentada. Según Jurado [30], los líderes académicos pueden identificar tendencias, patrones y áreas de mejora con mayor precisión, contribuyendo así a la optimización de los procesos educativos. Sin embargo, esta adopción no está exenta de desafíos, como la necesidad de una integración fluida con los sistemas existentes y la garantía de la privacidad y seguridad de los datos sensibles.

A lo largo de las últimas décadas, el uso progresivo de tecnologías de información y comunicación ha permitido que las instituciones académicas implementen y aprovechen estas herramientas para mejorar la toma de decisiones en distintos niveles. Con base en [31], desde sus inicios en la década de 1960, cuando los primeros DSS basados en modelos matemáticos se introdujeron en algunas instituciones educativas, hasta la actualidad, donde la tecnología de la información y la inteligencia de negocios están revolucionando la toma de decisiones, ha habido un marcado progreso en la implementación y adopción de estos sistemas.

El estudio de trabajos relacionados muestra que las instituciones educativas reconocen la necesidad de sistemas que apoyen la toma de decisiones basadas en datos. Por ejemplo, Chen et al. [32]; Yang et al. [33] y Sansom et al. [34] en sus investigaciones propusieron un panel analítico como herramienta de apoyo al aprendizaje (LAD) en las IES. Yang et al. observaron que el aprendizaje autodirigido en un panel se correlaciona con los resultados de lectura y aprendizaje fuera de clase. Asimismo, el estudio de Sansom et al. [33], demostró que los estudiantes de un curso interactuaban con el tablero al proporcionarles retroalimentación sobre el dominio de sus aprendizajes con la materia.

Gutiérrez, Seipp, Ochoa et al. [35] propusieron un panel de análisis de aprendizaje para apoyar la toma de decisiones de los asesores académicos (LADA) a través del análisis predictivo y comparativo. Los autores comparan el proceso de asesoramiento estudiantil en dos universidades en contraste con herramientas tradicionales. Los resultados demostraron que LADA permite evaluar más escenarios en casos de alta dificultad de asesoramiento con estudiantes que reprobaron muchos cursos. De la misma manera, Susnjak et al. [36] demuestran como se puede implementar el análisis predictivo basado en datos dentro de los paneles para brindar consejos a los alumnos.

Kokoç y Altun [37] presentaron un panel de aprendizaje integrado en un entorno de aprendizaje en línea para medir el rendimiento académico de los estudiantes. Los investigadores concluyeron que visualizar el progreso de las actividades y promedio de la clase en gráficos dentro del aula virtual podrían contribuir al desempeño académico individual de los alumnos al tener un efecto ligeramente motivador. Además, proponen que el modelo de clasificación utilizado se puede usar en nuevos estudios para crear modelos de usuarios dinámicos personalizados. Por otro lado, Bodily, Ikahihifo, Mackley et al. [38] en su estudio encontraron que la mayoría de paneles de control están orientados al instructor y no ayudan directamente a mejorar sus habilidades de aprendizaje, por lo que en su investigación proponen desarrollar la metacognición y la

autorregulación a través de un panel que proporciona recomendaciones de contenido y habilidades para ayudar a los estudiantes a convertirse en los mejores alumnos.

De manera similar Cosroes, Shabaninejad, Bakharia et al. [39] han observado que los paneles de análisis de aprendizaje se han basado en algoritmos de análisis predictivo presentan insuficiencias en tareas de tomas de decisiones, por esa razón propusieron un LAD que emplea algoritmos de última generación, minería de datos y minería de procesos como método alternativo de IA que permita a los educadores identificar subpoblaciones de estudiantes con mayor desviación de rendimiento escolar.

Cabe destacar que recientemente han surgido investigaciones en el mismo campo que centran su enfoque al gerente y a los administradores responsables de tomar decisiones estratégicas. Según Combata H., Combata J. y Morales [3], el análisis de datos y la inteligencia de negocios tiene un papel relevante en la generación de conocimiento, obtención de patrones y predicciones para la formulación de planes estratégicos. Ellos enfatizan que las IES de todo el mundo operan en un entorno muy dinámico, de tal manera que urge la necesidad de analizar a profundidad todos sus datos con el fin de comprender mejor sus necesidades educativas [3]. De este modo, Alisan y Serín [40], proponen un sistema de apoyo a la toma de decisiones que proporciona información a las partes interesadas en el ámbito educativo sobre la calidad y competitividad de los departamentos y de la oferta de cursos o carreras.

Desde entonces, varios estudios de casos han destacado el impacto positivo de los DSS en la mejora de la gestión académica y administrativa. Entre ellos se encuentra Santos y Benites [26], propusieron una solución BI para gestionar las actividades académicas y administrativas en la Universidad Nacional de Trujillo. Por otro lado, Galo Robayo [41], propone una arquitectura de un DSS aplicado a la evaluación de los recursos educativos en la Unidad Educativa Indoamérica.

En cuanto a Universidad de Otavalo en Ecuador, realizaron un estudio en la búsqueda de los indicadores esenciales para la planificación y evaluación institucional [42]. En el caso de la universidad Uniandes-Ecuador, implementaron una plataforma BI aplicando la metodología Ralph Kimball para la toma de decisiones en el departamento de secretaría académica. A su vez, Martínez [43] propuso en el año 2017 una metodología para la realización de Dashboard enfocado en la toma de decisiones para los responsables de los procesos de evaluación institucional. Además, Castillo, Medina y Fariña [44] propusieron en el año 2018 una solución BI orientados a la

generación de indicadores de productividad académica y de gestión de una universidad a partir de las propuestas de Kimball y Hefesto.

Finalmente, Boulila, Al-Kmali, Farid et al. [45] propusieron una solución BI para respaldar asuntos académicos en la Universidad de Taibah a través de un modelo multidimensional que describa los procesos académicos y visualiza los resultados a través de paneles dinámicos proporcionando muchos indicadores estadísticos y predictivos necesarios para las operaciones del día a día.

En la investigación realizada por Rabelo, Rodrigues, Nobre et al. [46] revelan que los datos recogidos de estas plataformas e-learning y de gestión, se pueden utilizar para mejorar los sistemas de tutoría automática, optimización curricular, cambios relacionados al plan de contenidos de los cursos y también realizar propuestas de criterios de evaluación para cada estilo de aprendizaje. Además, en su búsqueda, observó que los directivos y responsables de las IES podrían aprovechar toda la información generada para crear estrategias para mejorar el proceso de aprendizaje.

### **1.3.5 Importancia de KPIs en la gestión académica**

El CACES ha desempeñado un papel fundamental en la regulación y promoción de la calidad de la educación superior en Ecuador, el cual cuenta con un modelo de evaluación de carreras que brinda lineamientos claros y objetivos para asegurar la calidad y pertinencia de los programas académicos. De acuerdo con [47], la importancia de este modelo radica en su capacidad para establecer criterios e indicadores de evaluación rigurosos y pertinentes, promoviendo la mejora continua en la educación superior.

El nuevo modelo de evaluación institucional 2024 [2], incluye nuevos indicadores y ajustes en otros indicadores, mencionamos algunos: publicaciones científicas y técnicas, formación de posgrado, remuneración promedio mensual de los profesores TC y M. Subcriterio organización y desarrollo: indicadores titularidad de profesores TC y MT, carga horaria semanal de los profesores TC, evaluación de los profesores y formación académica en curso y capacitación. Subcriterio formación académica: programas de estudio de las asignaturas, afinidad formación- docencia, seguimiento, control y evaluación del proceso docente, asignaturas con cobertura bibliográfica adecuada, publicaciones docentes, aulas, formación complementaria, acompañamiento pedagógico a estudiantes y relación con los graduados, entre otros.

Contreras, Fuentes y Rodríguez [27], mencionan que esta métrica se ha convertido en un recurso imprescindible en la gestión académica de las Instituciones de Educación Superior (IES), y su

comprensión profunda es esencial para lograr una dirección efectiva basada en evidencia. Según [48], son medidas cuantificables que reflejan el rendimiento y la eficacia de los procesos académicos y administrativos, con el propósito de brindar una comprensión clara y precisa del estado actual de una institución, permitiendo a los líderes tomar decisiones informadas y estratégicas.

La identificación de KPIs relevantes para diferentes niveles de gestión es un proceso crucial en la aplicación efectiva de estas métricas. Como dice [30], cada nivel de liderazgo dentro de una institución tiene necesidades y perspectivas únicas que deben reflejarse en los indicadores seleccionados, estos deben estar en sintonía con los propósitos estratégicos y tácticos de la institución, lo que garantiza que la información recopilada sea directamente relevante para la toma de decisiones en cada nivel de dirección. Según el trabajo [49], los KPIs permiten evaluar el cumplimiento de objetivos y medir el rendimiento de la institución educativa.

De acuerdo con [48], la utilización de KPIs para la evaluación de la calidad educativa, no solo mide aspectos cuantitativos del desempeño, sino que también pueden capturar aspectos cualitativos de la educación. Según [30], esto permite una evaluación holística de la calidad educativa y proporciona a los líderes académicos la información necesaria para implementar mejoras sustanciales en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Del mismo modo permiten identificar áreas de mejora, detectar desviaciones y tomar medidas correctivas para lograr los objetivos establecidos. En [50] se describe que, en la gestión académica, los KPIs son fundamentales para medir el progreso, evaluar el impacto de las acciones implementadas y orientar la toma de decisiones informadas.

### **1.3.6 Metodología VROps: Creación de dashboards para la toma de decisiones**

Esta metodología propuesta por Jusko en el año 2017 denominada VROps, se centra en interacciones de los datos que tienen los usuarios con las métricas de los KPIs. Según el trabajo [43], a través de esta metodología, se generan paneles interactivos que visualizan datos clave de manera comprensible y accesible. Esto facilita la identificación rápida de indicadores clave de desempeño (KPIs), permitiendo a los líderes académicos acceder a información actualizada y relevante en tiempo real.

Propone siete fases: definir el objetivo del *dashboard*, planificar un flujo de trabajo, conocer sus datos, elegir los *widgets*, planificar interacciones, pruebas de manejo, refinamiento y mantenimiento [7].

### **1.3.7 Tecnologías y herramientas para la implementación del DSS**

#### **Angular**

Angular es una plataforma y framework para la construcción de aplicaciones web de una sola página utilizando HTML y TypeScript. Desarrollado y mantenido por Google, Angular se destaca por implementar funcionalidades fundamentales como bibliotecas de TypeScript que se importan en las aplicaciones. Su arquitectura se centra en conceptos fundamentales para el desarrollo web moderno, haciéndolo una opción robusta para aplicaciones escalables y eficientes [51].

#### **GraphQL**

GraphQL es un lenguaje de consulta diseñado para APIs, ofreciendo también un ambiente donde se pueden ejecutar dichas consultas utilizando tus datos actuales. Facilita una explicación detallada y clara de los datos disponibles en tu API, lo que posibilita a los usuarios solicitar precisamente lo que requieren, sin excesos. Hace más fácil evolucionar APIs con el tiempo y habilita herramientas de desarrollo poderosas. Facilita la obtención de múltiples recursos en una sola solicitud y organiza las APIs en términos de tipos y campos, no de endpoints [52].

#### **TypeScript**

TypeScript es un lenguaje de programación basado en JavaScript y añade tipos estáticos. Esto permite a los desarrolladores la escritura de un código más claro y prevenir errores comunes en JavaScript, facilitando el desarrollo de aplicaciones grandes y más complejas [53].

#### **Visual Studio Code**

Visual Studio Code es un editor de código fuente, ofrece soporte para una amplia gama de lenguajes de programación y un rico ecosistema de extensiones, integrándose con herramientas de control de versiones y soporte para desarrollo en contenedores, lo que lo hace ideal para proyectos de desarrollo de software modernos [54].

### **1.3.8. Calidad del producto de software**

La evaluación y aceptación del DSS en el contexto de la gestión académica es una fase crucial que garantiza la efectividad y confiabilidad del sistema implementado. En el trabajo de Callejas [42], se establece que, para llevar a cabo esta etapa, se requiere un enfoque riguroso respaldado por criterios concretos para evaluar la eficacia del sistema en el entorno educativo.

Un elemento clave en la evaluación de la calidad del DSS es el estándar ISO/IEC 9126, inspirado en el modelo de McCall. Este estándar está diseñado para un amplio espectro de profesionales en el ámbito del software, incluyendo desarrolladores, encargados de asegurar la calidad, evaluadores, analistas, entre otros participantes en el desarrollo de software. Se estructura en cuatro segmentos principales: el modelo de calidad, métricas externas e internas y evaluación de la calidad en uso. Estos segmentos abarcan seis atributos fundamentales (funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad), con sus respectivas subcaracterísticas [55].

Los criterios para evaluar la eficacia se basan en la capacidad del sistema para satisfacer las necesidades y objetivos definidos. Desde el punto de vista de [55], estos criterios incluyen la precisión y relevancia de la información proporcionada, la capacidad de adaptación a diferentes escenarios de toma de decisiones y la facilidad de uso para los usuarios finales, su eficacia se mide en términos de su capacidad para proporcionar información oportuna y precisa que respalde la toma de decisiones informada.

La validación de hipótesis constituye un paso adicional en el proceso de evaluación y validación del DSS. Como se describe en [56], a través de pruebas estadísticas y análisis de datos, se determina si los resultados obtenidos del sistema son válidos y confiables, asegurando que las conclusiones obtenidas sean fundamentadas en evidencias, lo que refuerza la credibilidad de los resultados y proporciona una base sólida para la toma de decisiones.

### **1.4 Antecedentes contextuales**

En la UTMACH, se evidencia un firme compromiso con el desarrollo integral en distintas dimensiones, tales como la económica, humana, sustentable y científico-tecnológica. En relación a los procesos de negocios actuales, el departamento de TICs se encarga de la gestión de usuarios y permisos en los sistemas, así como del soporte y resolución de incidencias técnicas. También, se realizan actualizaciones y mantenimientos preventivos para asegurar la adecuada operatividad de los sistemas.

El sistema informático de gestión académica “SIUTMACH” de la Universidad es un sistema transaccional diseñado principalmente para solucionar los problemas automatizados relacionados con el proceso de matriculación de los estudiantes. Actualmente, se han desarrollado más módulos con la finalidad de atender los procesos diarios de las autoridades, docentes y estudiantes. Sin embargo, se ha observado que la toma de decisiones en los altos mandos se ve limitada debido a la falta de un DSS adecuado, basado en KPIs.

El proceso que se automatizó es la visualización de los KPIs relacionados con los aspectos de la gestión académica a nivel de mandos tácticos y estratégicos, la interacción con las autoridades administrativas por medio de entrevistas y observaciones directas fueron fundamentales para recopilar información precisa y comprender los procesos de negocio actuales, de esta manera, se logró diseñar el sistema que satisface las necesidades específicas de los altos mandos. La descripción general de la categorización de las secciones que visualizarán los usuarios se detalla en la **Tabla 7**.

*Tabla 7. Categorización de las secciones que visualizarán los usuarios*

<b>Sección</b>	<b>Categorías</b>
Estudiantes	Matriculados
	Calificaciones
	Asistencia
	Educación continua
	Graduados
Docentes	Resumen general
	Perfeccionamiento docente
	Distributivo docente
	Gestión de syllabus
	Actas de calificaciones
	Heteroevaluación (estudiante-docente)
	Avance académico
	Tutorías

En este sentido, la integración del sistema de soporte de decisiones proporciona a los altos mandos una clara visualización de estas categorías en tiempo real, lo que permite juzgar la gestión académica, la eficiencia operativa y la productividad. Esta implementación juega un papel crucial

en el avance constante de la institución, asegurando un desarrollo académico y social que trasciende los límites de la educación tradicional y genera un impacto significativo tanto en los estudiantes como en la sociedad en su conjunto.

#### 1.4.1 **Ámbito de aplicación**

La propuesta de solución se enfocó en el desarrollo de un DSS personalizado para la UTMACH, con la finalidad de mejorar la toma de decisiones de los mandos tácticos y estratégicos. Los principales elementos de la propuesta de solución incluyen:

- **Frontend utilizando el framework de angular:** El entorno de angular es la base del desarrollo del frontend del DSS. Angular es conocido por su rica biblioteca de componentes de interfaz de usuario, su capacidad para crear visualizaciones de datos interactivas y su enfoque en la construcción de aplicaciones empresariales de alto rendimiento. Esto permitió crear una interfaz de usuario atractiva y funcional que sea fácil de navegar [51].
- **Integración de GraphQL:** Para obtener la información necesaria para el DSS, se utilizó GraphQL como lenguaje de consulta y manipulación de datos. El equipo de TI de la Universidad proporcionó esta API que contiene el acceso a los datos para generar las visualizaciones, además de integrar una gran flexibilidad en las consultas obteniendo solo los datos necesarios, lo que resultó en un rendimiento más eficiente del sistema.
- **Visualizaciones de datos:** El sistema se enfocó en ofrecer una variedad de elementos, como gráficos, tablas, diagramas, y otros elementos visuales. Con el objetivo de presentar la información de manera clara, precisa y dinámica, para que los mandos tácticos y estratégicos puedan interpretar rápidamente la información relevante y tomar decisiones fundamentadas. Se utilizaron bibliotecas y herramientas de visualización de datos compatibles con el framework para lograr este objetivo.
- **Funcionalidad clave:** El sistema de soporte de decisiones incluyó el filtrado de datos, con la finalidad que los usuarios seleccionen datos específicos para obtener información relevante según sus necesidades.
- **Colaboración:** Facilita la colaboración entre los diferentes mandos tácticos y estratégicos al permitirles compartir y discutir visualizaciones y análisis.

## 1.4.2 Establecimiento de los requerimientos

En la **Tabla 8**, se establecieron una serie de requerimientos para abordar de manera efectiva los desafíos presentes en la gestión académica actual para el desarrollo del DSS.

*Tabla 8. Establecimiento de los requerimientos*

<b>Requerimiento</b>	<b>Descripción</b>
Consulta a stakeholders	Recopilación de KPIs con la entrevista a stakeholders
Identificación de datos disponibles	Determinación de los datos, que sean accesibles y relevantes a utilizar en el sistema
Selección de KPIs	Matriz de excel con KPIs seleccionados y categorizados
Selección de componentes gráficos	Definición de las interfaces visuales en base a los KPIs
Construcción del dashboard	Estructura de proyecto de código integrando los diferentes componentes gráficos
Integración de datos	Extracción, consumo y presentación con datos reales del SIUTMACH con API GraphQL a los componentes gráficos del sistema
Pruebas de interfaz	Luego de la implementación en el SIUTMACH se debe realizar las pruebas de web performance
Refinamiento	Proceso para asegurar que el dashboard se mantenga actualizado y funcione correctamente con la inyección de los datos

## CAPITULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

### 2.1 Definición del prototipo

En la **Figura 8**, se puede observar el esquema arquitectónico que mantiene nuestro sistema que inicia en la capa “Data store” que maneja el SIUTMACH, pasa por una capa de “Analytics API” donde la tecnología usada es GraphQL, estas unidades de información ingresan por un análisis exploratorio dentro del framework elegido para luego ser visualizados en los componentes gráficos o librerías de manera interactiva. Finalmente, la información se presentada a los usuarios de manera coherente y efectiva, los indicadores proporcionan una visión holística de la situación académica dependiendo del rol y nivel de acceso.

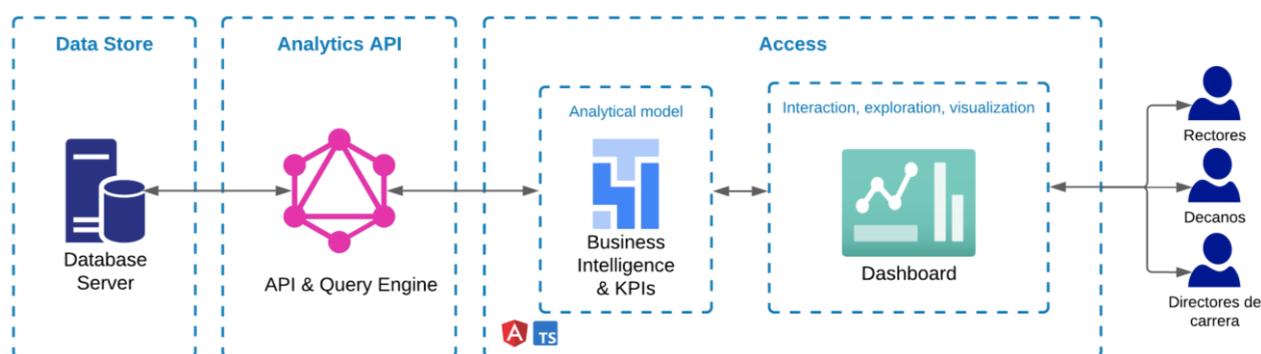


Figura 8. Esquema arquitectónico del sistema

### 2.2 Metodología de desarrollo del prototipo

#### 2.2.1 Enfoque, alcance y diseño de investigación

##### El enfoque de investigación

Este trabajo sigue un enfoque cuantitativo, debido a que se buscó medir y cuantificar de manera precisa los KPIs de la gestión académica, este enfoque involucra la medición de variables y la identificación de patrones, además permitió recopilar datos numéricos que luego fueron analizados estadísticamente [57].

##### El alcance de investigación

La investigación comenzó siendo descriptiva, para obtener una comprensión sistemática de la gestión académica, se identificaron los indicadores clave de desempeño y su comportamiento. Posteriormente, evolucionó a un enfoque correlacional a razón de establecer relaciones y asociaciones entre diferentes variables [57].

## **El diseño de investigación**

El diseño de la investigación es cuasiexperimental, debido que los participantes o sujetos de estudio se encuentran en grupos intactos, esta elección se debe a que no fue posible asignar aleatoriamente a los participantes de los mandos tácticos y estratégicos [58].

### **2.2.2 Unidades de análisis**

Las unidades de investigación se trabajaron en dos grupos:

- Los datos, relacionados con los KPIs de gestión académica de la UTMACH
- Los usuarios, tales como: Rector, vicerrectores, directora académica, decanos, subdecanos y coordinadores de carrera.

## **Población**

La población de la presente investigación corresponde al personal académico y administrativo que se encuentran ubicados en la toma de decisiones de la Institución. Esta población considera a las autoridades institucionales o usuarios, las cuales contemplan un total de 49 personas.

## **Muestra**

Debido a que es un diseño cuasi experimental no se realizó de forma aleatoria, sino que se seleccionó a todos los usuarios, es decir se determinó que el número de muestra es el 100% de la población, lo que representa al número de personas que se aplicó la encuesta.

### **2.2.3 Métodos teóricos**

Los métodos teóricos se centran en la interpretación, conceptualización y análisis de las teorías, conceptos o principios que fundamentan la investigación. Son fundamentales para profundizar en el conocimiento sobre un tema específico identificar conceptos relevantes, formular hipótesis, establecer relaciones entre diferentes variables o elementos del problema de investigación [59].

Los dos métodos teóricos empleados en este estudio son:

#### **Analítico-sintético**

El método Analítico-sintético se basa en el análisis y de los elementos del objeto de estudio para comprender su funcionamiento a cabalidad para luego sintetizar esa información en una visión

más completa [60]. El presente estudio analiza las necesidades de los mandos tácticos y estratégicos con respecto a la toma de decisiones para la gestión académica.

### **Método hipotético-deductivo**

El método hipotético-deductivo implica la formulación de hipótesis y su contraste con hechos reales mediante la supervisión y recolección de datos [61]. Con base con los aspectos teóricos, se establece como hipótesis que la implementación de un DSS basado en KPIs de gestión académica permitirá la presentación de información de manera oportuna y satisfactoria para apoyar en la toma de decisiones de los altos mandos.

#### **2.2.4 Métodos empíricos**

Los métodos empíricos se basan en la recopilación y análisis de datos observables y medibles, con el fin de obtener conclusiones y resultados sobre un fenómeno o problema de estudio, utilizados para obtener evidencia empírica, es decir datos reales que permitan probar o refutar hipótesis, responder preguntas de investigación y generar conclusiones fundamentadas en el campo de observación [62]. En la etapa de recolección de datos se utilizarán tres técnicas empíricas principales: la observación, entrevista y la encuesta.

#### **La observación**

La observación es un método de recolección directa de datos en el cual el investigador registra sistemáticamente comportamientos, acciones y/o fenómenos, eventos sin interferir o modificar el entorno, su objetivo es obtener información detallada sobre el objeto de estudio interactúa y se comporta en situaciones reales [59].

#### **La entrevista**

Se trata de una técnica de investigación que implica un diálogo entre el investigador y el entrevistado, basado en las impresiones, puntos de vista y vivencias de los involucrados, cuyo objetivo es recolectar datos detallados y en profundidad acerca del objeto de estudio [59].

#### **La encuesta**

Es una técnica que se utiliza para obtener información de un grupo más amplio de individuos, permiten obtener datos cuantitativos y estadísticos sobre las variables y suelen utilizarse para estudiar patrones, tendencias o comportamiento de una población [59].

### 2.2.5 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

El siguiente paso fue la recolección de datos, donde se emplearon diversas técnicas e instrumentos específicos, los cuales se detallan en la **Tabla 9**. En esta tabla se puede observar los métodos utilizados para la recopilación eficiente y precisa de los datos necesarios para nuestro trabajo de investigación.

*Tabla 9. Técnicas e instrumentos para recopilar datos*

Técnica	Instrumento
Entrevista	Recolectar KPIs, guía de entrevista.
Encuesta	Test de evaluación de calidad y satisfacción de los usuarios en base a la norma ISO/IEC 9126, luego de implementar el DSS, cuestionario de preguntas.
Observación	Pruebas de rendimiento basado en herramientas de web performance.

**La entrevista:** Se aplicó a las autoridades académicas de la IES de estudio, a fin de realizar el levantamiento de la información para la recolección de los requisitos, la identificación de las necesidades, expectativas respecto al sistema de soporte de decisiones, y el establecimiento de los indicadores clave de desempeño.

**La encuesta:** Se utilizó para conocer la calidad en base a la normativa seleccionada y la satisfacción de los usuarios con respecto a la implementación del DSS, como resultado, obtendremos una visión más amplia de la eficiencia de la comunicación en el ámbito académico, con esto nuestra hipótesis entrará en una conclusión.

**La observación:** Esta técnica evaluó el prototipo con las métricas del modelo de calidad ISO/IEC 9126, cuya función fue de evaluar la eficiencia del sistema en términos de su capacidad para procesar y responder las solicitudes de los usuarios, cabe mencionar que es sistema frontend de visualización e interacción por lo que no se utilizarán métricas de rendimiento sobre el backend.

### 2.2.6 Técnicas de procesamiento de datos para la obtención de resultados

Para acceder a la información específica no se generaron datamarts, debido a que almacenar datos de esta manera resulta innecesario o complicado para los objetivos del proyecto. En cambio, se optó por el uso de GraphQL, una tecnología que nos permitió dar forma a la interacción con la API de forma similar a un datamart, en lugar de tenerlo con estructuras de datos fijas, con esto definimos consultas y obtuvimos solo los datos necesarios para la presentación o el análisis, otorgando una mayor flexibilidad, adaptabilidad y manipulación de la información.

Además, implementamos técnicas de estadística descriptiva durante la fase de recolección de datos de la encuesta, asegurando así una presentación clara y efectiva de los resultados en el capítulo siguiente. Esta técnica también fue crucial en la etapa de observación, particularmente al evaluar el rendimiento del DSS. Los datos obtenidos se analizaron meticulosamente mediante técnicas de análisis de datos, lo cual facilitó la interpretación y la extracción de conclusiones significativas.

### **2.2.7 Técnicas de análisis de datos para la obtención de resultados**

Tanto el desarrollo del sistema de decisiones como la verificación de la satisfacción de los usuarios y la validación de la hipótesis de nuestro proyecto se aplicarán diferentes técnicas de análisis para la obtención de resultados.

#### **Técnicas estadísticas**

Las técnicas estadísticas son un conjunto de herramientas utilizadas para la recopilación, organización, interpretación y presentación de datos, con el propósito de obtener información significativa [62]. Las técnicas estadísticas pueden clasificarse en dos categorías principales:

#### **Estadística descriptiva**

Se analizó los datos estadísticos de manera que se pueda comprender su distribución, tendencia central, dispersión y otras características relevantes. Las herramientas más comunes de estadística descriptiva incluyen medidas de centralidad (media, mediana, moda), medidas de dispersión (varianza, desviación estándar), gráficos (histogramas, gráficos de barras, diagramas de dispersión) y tablas de frecuencia [62].

#### **Estadística inferencial**

Esta técnica se utiliza para hacer inferencias o generalizaciones sobre una población más amplia a partir de una muestra de datos. Mediante la estadística inferencial, es posible realizar pruebas de hipótesis, estimaciones de parámetros poblacionales y análisis de correlaciones y asociaciones entre variables [62].

#### **Inteligencia de negocios**

La Inteligencia de negocios facilita la creación de tableros de control y paneles interactivos que presentan datos en tiempo real. El tablero de control proporciona una visión instantánea de los

KPIs de gestión académica, facilitando la toma de decisiones ágiles y oportunas, siendo un recurso crucial para los rectores, vicerrectores, decanos, subdecanos y coordinadores de carrera.

Tanto el análisis de datos como la Inteligencia de negocios ofrecen capacidades de visualización de datos, lo que facilita la comunicación efectiva de los resultados a los diferentes interesados, adicional a esto, las visualizaciones gráficas de los componentes de interfaz de usuario que maneja la librería externa Highcharts, AdminLTE y Angular material, pueden hacer que los datos sean más comprensibles y accesibles para todos los niveles de usuarios.

### 2.2.8 Metodología o métodos específicos

Para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación se abordaron dos metodologías; la definición de los KPIs utilizando inteligencia de negocios y, el diseño y desarrollo del dashboard con tecnologías y librerías de programación.

De acuerdo con [63], La definición de KPIs es un proceso que puede basarse en diversas metodologías o enfoques según las necesidades y objetivos del proyecto, debido que no hay una metodología única y universalmente aceptada para definir estas medidas. El enfoque principal incluye el uso de marco de trabajo como el cuadro de mando integral para establecer indicadores específicos y efectivos [64]. Lo que se describirá en el desarrollo del prototipo es un enfoque general para la definición de KPIs que involucra la revisión de mejores prácticas, la consulta a stakeholders y la identificación de datos relevantes.

La metodología utilizada en base a los requerimientos del prototipo que se desarrolló es la *VROps- Una metodología para crear dashboard*, propuesta por Jusko [7], donde se abordan puntos desde la definición de los objetivos, flujo de trabajo, elección de widgets y la construcción de las iteraciones para creas dashboard más intuitivos, cabe mencionar que adaptamos la metodología con el desarrollo de programación. A continuación, se detallan los pasos que son considerados en la **Tabla 10**:

*Tabla 10. Fases y actividades de la metodología VROps*

Fases	Actividades	Autor
Definir el objetivo del dashboard	Establecer un objetivo de negocio confiere propósito y valor al dashboard	Jusko en el año 2017
Planificar un flujo de trabajo	Deben ser replicables fácilmente para diferentes usuarios, considerando todos los elementos, métricas, relaciones y capacidades del producto.	

Fases	Actividades	Autor
Conocer sus datos	Previa definición de KPIs para identificar objetos y métricas relacionados con el objetivo de negocio y sus interconexiones.	Jusko en el año 2017
Selección de componentes gráficos (widgets)	Seleccionar elementos visuales, donde los widgets son la base para presentar, interactuar y analizar datos en el panel de control.	
Planificar interacciones	Las interacciones entre widgets permiten la comunicación de datos y reducen redundancias y datos estáticos en el panel.	
Pruebas de manejo	Implementación del dashboard para verificar su eficacia en la consecución de objetivos, con revisiones iterativas considerando posibles cambios en expectativas y requisitos.	
Refinamiento y mantenimiento	Actualización y configuración de la información en el dashboard.	

*Fuente: Esta es una adaptación basada en [7].*

### 2.2.9 Herramientas

A continuación, se muestra en la **Tabla 11** las herramientas utilizadas en este trabajo de investigación y desarrollo del prototipo.

*Tabla 11. Herramientas utilizadas*

Categoría	Herramientas
IDE	Visual Studio Code
Framework	Angular, AdminLTE y librería de Highcharts
Lenguaje de programación	TypeScript
Lenguaje de consulta	GraphQL
Herramienta de pruebas	Norma ISO/IEC 9126
Equipos portátiles	Quasad Pro 15, MacBook Pro
Sistema operativo	Windows 10 Pro Edition, MacOS Ventura
Software de oficina	Office 365
Software de análisis	VOSviewer
Software de diagramas	Lucidchart, draw.io

### 2.3 Desarrollo del prototipo

En esta sección, se detalla el proceso de definición de los KPIs con enfoque en Inteligencia de negocios con la finalidad de guiar el diseño y la implementación efectiva del DSS, y la metodología VROps se adopta con el marco de trabajo para crear el dashboard.

## 2.3.1 Metodología para la definición de los KPIs

### 2.3.1.1 Análisis de mejores prácticas

El proceso comenzó con un estudio exhaustivo de las mejores prácticas en el sector educativo, con el objetivo de identificar los KPIs más relevantes y efectivos para la gestión académica en la UTMACH. Se revisó la literatura académica y se analizaron casos de éxito en otras instituciones educativas como referencia [65].

### 2.3.1.2 Consulta a stakeholders

Para garantizar que los indicadores seleccionados se alinearan con las necesidades y prioridades de la Universidad, se llevaron a cabo consultas con los principales stakeholders, tal vez como: rectores, vicerrectores, decanos, vicedecanos y coordinadores de carrera. Se recopiló su opinión con una entrevista (**Anexo 2**), lo cual se consideraron sus aportes para la definición de los KPIs.

### 2.3.1.3 Identificación de datos disponibles

Para optimizar el proceso de identificación de los datos disponibles, se colaboró estrechamente con nuestro cotutor, siendo parte del departamento de TICs de la Universidad. Esta fase fue crucial para garantizar que los datos seleccionados fueran tanto relevantes como accesibles, facilitando así su implementación en el dashboard.

### 2.3.1.4 Selección de KPIs

Siguiendo los pasos descritos anteriormente, se seleccionaron los KPIs que mejor se alineaban con los objetivos del DSS y las necesidades de los usuarios. La elección de estos indicadores se basó en la categorización presentada en la **Tabla 6**. Como resultado, la **Tabla 12** muestra los indicadores seleccionados específicamente para la sección de estudiantes, los cuales se integran en el dashboard para su visualización y análisis.

*Tabla 12. KPIs seleccionados para la sección de estudiantes*

Código	Categoría	Indicadores clave de desempeño
AM	Resumen general	Cantidad de alumnos matriculados
PAM		Porcentaje de alumnos matriculados
AMSM		Cantidad de alumnos matriculados (segunda matricula)
PAMSM		Porcentaje de alumnos matriculados (segunda matricula)
AMTM		Cantidad de alumnos matriculados (tercera matricula)
PAMTM		Porcentaje de alumnos matriculados (tercera matricula)

Código	Categoría	Indicadores clave de desempeño
AMF	Resumen general	Cantidad de alumnos matriculados por facultad
AMC		Cantidad de alumnos matriculados por carrera
AAD	Calificaciones	Cantidad de alumnos aprobados directo
PAAD		Porcentaje de alumnos aprobados directo
AAR		Cantidad de alumnos aprobados con recuperación
PAAR		Porcentaje de alumnos aprobados con recuperación
ARN		Cantidad de alumnos reprobados por notas
PARN		Porcentaje de alumnos reprobados por notas
ARF		Cantidad de alumnos reprobados por faltas
PARF		Porcentaje de alumnos reprobados por faltas
ARNF		Cantidad de alumnos reprobados por notas y faltas
PARNF		Porcentaje de alumnos reprobados por notas y faltas
AER		Cantidad de alumnos en examen de recuperación
PAER		Porcentaje de alumnos con examen de recuperación
AEP		Cantidad de alumnos en progreso
PAEP		Porcentaje de alumnos en progreso
ARMAS		Cantidad de alumnos con rendimiento (mayor o igual 70%)
PARMAS		Porcentaje de alumnos con rendimiento (mayor o igual a 70%)
ARMES		Cantidad de alumnos con rendimiento (menor a 70%)
PARMES		Porcentaje de alumnos con rendimiento (menor a 70%)
ACAC	Asistencia	Cantidad de alumnos con asistencia a clases
PACAC		Porcentaje de alumnos con asistencia a clases
ACIA		Cantidad de alumnos con inasistencia a clases
PACIA		Porcentaje de alumnos con inasistencia a clases
ASAC		Cantidad de alumnos sin registro de asistencia a clases
PASAC		Porcentaje de alumnos sin registro de asistencia a clases
ANI	Dirección de educación	Cantidad de alumnos con nivel de inglés
NEF	Graduados	Cantidad de estudiantes que finalizaron sus estudios de grado
NEG		Cantidad de estudiantes graduados

La **Tabla 13** presenta los KPIs específicamente seleccionados para la sección de docentes, los cuales están diseñados para ser utilizados en el dashboard. Esta selección de KPIs facilita una visualización efectiva y un análisis detallado del rendimiento y las métricas relevantes para los usuarios.

*Tabla 13. KPIs seleccionados para la sección de docentes*

Código	Categoría	Indicadores clave de desempeño
DPHD	Resumen general	Cantidad de docentes con PhD
PDPHD		Porcentaje de docentes con PhD
DMA		Cantidad de docentes con maestría
PDMA		Porcentaje de docentes con maestría
DST		Cantidad de docentes sin registro de título

<b>Código</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicadores clave de desempeño</b>	
PDRT	Resumen general	Porcentaje de docentes sin registro de título	
DF		Cantidad de docentes por facultad	
DC		Cantidad de docentes por carrera	
DAD	Perfeccionamiento docente	Cantidad de docentes aprobados directo	
PDAD		Porcentaje de docentes aprobados directo	
DRN		Cantidad de docentes reprobados por notas	
PDRN		Porcentaje de docentes reprobados por notas	
DRF		Cantidad de docentes reprobados por faltas	
PDRF		Porcentaje de docentes reprobados por faltas	
DRNF		Cantidad de docentes reprobados por notas y faltas	
PDRNF		Porcentaje de docentes reprobados por notas y faltas	
DHD		Distributivo docente (horas extracurriculares)	Cantidad de docentes con horas de docencia
PDHD			Porcentaje de docentes con horas de docencia
DHG	Cantidad de docentes con horas de gestión académica		
PDHG	Porcentaje de docentes con horas de gestión académica		
DHV	Cantidad de docentes con horas de vinculación		
PDHV	Porcentaje de docentes con horas de vinculación		
DHI	Cantidad de docentes con horas de investigación		
PDHI	Porcentaje de docentes con horas de investigación		
SD	Gestión de syllabus	Cantidad de sílabos según el distributivo	
SF		Cantidad de sílabos ingresados y finalizados	
PSF		Porcentaje de sílabos ingresados y finalizados	
SP		Cantidad de sílabos en proceso	
PSP		Porcentaje de sílabos en proceso	
SNI		Cantidad de sílabos no ingresados	
PSNI		Porcentaje de sílabos no ingresados	
SEA		Cantidad de sílabos evaluados y aprobados	
PSEA		Porcentaje de sílabos evaluados y aprobados	
SNA		Cantidad de sílabos evaluados y no aprobados	
PSNA		Porcentaje de sílabos evaluados y no aprobados	
SR		Cantidad de sílabos no revisados	
PSR		Porcentaje de sílabos no revisados	
ACF		Actas de calificaciones	Cantidad de actas calificaciones finalizadas
PACF			Porcentaje de actas de calificaciones finalizadas
ANR	Cantidad de actas de calificaciones no registradas		
PANR	Porcentaje de actas de calificaciones no registradas		
ANF	Cantidad de actas de calificaciones no finalizadas		
PANF	Porcentaje de actas de calificaciones no finalizadas		
AFT	Cantidad de actas de calificaciones futuras		
PAFT	Porcentaje de actas de calificaciones futuras		

Código	Categoría	Indicadores clave de desempeño
AED	Heteroevaluación (estudiante-docente)	Cantidad de alumnos que han evaluado
PAED		Porcentaje de alumnos que han evaluado
ANED		Cantidad de alumnos que no han evaluado
PANED		Porcentaje de alumnos que no han evaluado
AAD	Avance académico	Cantidad de avance académico
PAAD		Porcentaje de avance académico
DCAD		Cantidad de docentes que cumplen con el avance académico
DNCAD		Cantidad de docentes que no cumplen con el avance académico
NSC	Tutorías	Cantidad de semanas de clases
NHTS		Cantidad de horas de tutoría semanal
DT		Cantidad de docentes
HTP		Cantidad de horas de tutoría académicas del periodo
HTE		Cantidad de horas ejecutadas de tutorías académicas
PET		Porcentaje de ejecución de tutorías académicas
ACMET		Cantidad de alumnos con calificación menos de 70% que recibieron tutorías
PACMET		Porcentaje de alumnos con calificación menos de 70% que recibieron tutorías
ACMAT		Cantidad de alumnos con calificación mayor o igual a 70% que recibieron tutorías
PACMAT		Porcentaje de alumnos con calificación mayor o igual a 70% que recibieron tutorías
ACMENT		Cantidad de alumnos con calificación menos de 70% que no recibieron tutorías
PACMENT		Porcentaje de alumnos con calificación menos de 70% que no recibieron tutorías
ACMANT		Cantidad de alumnos con calificación mayor o igual a 70% que no recibieron tutorías
PACMANT		Porcentaje de alumnos con calificación mayor o igual a 70% que no recibieron tutorías

Es importante destacar que la información presentada en la mayoría de los KPIs incluye tanto los valores totales en cantidad y porcentaje como la desglose por género, especificando los segmentos de varones y mujeres. Además, se ofrecen filtros que permiten personalizar los datos según el periodo, la facultad y la carrera. En ciertos casos, se ha considerado necesario especificar el parcial correspondiente al periodo seleccionado. Únicamente para los datos de graduados se requiere establecer un rango de fechas, que comprende desde una fecha inicial hasta una final.

### 2.3.2 Integración de KPIs en la metodología VROps

Los KPIs definidos anteriormente se convirtieron en la base sobre la cual se construiría el prototipo. A continuación, se describen las fases de desarrollo del dashboard:

#### 2.3.2.1 Definición del objetivo del dashboard

Se estableció un objetivo claro para el dashboard, alineado con los KPIs definidos. El objetivo principal es proporcionar a los mandos tácticos y estratégicos de la UTMACH una herramienta para la toma de decisiones basada en indicadores clave de desempeño de gestión académica.

### 2.3.2.2 Selección de componentes gráficos

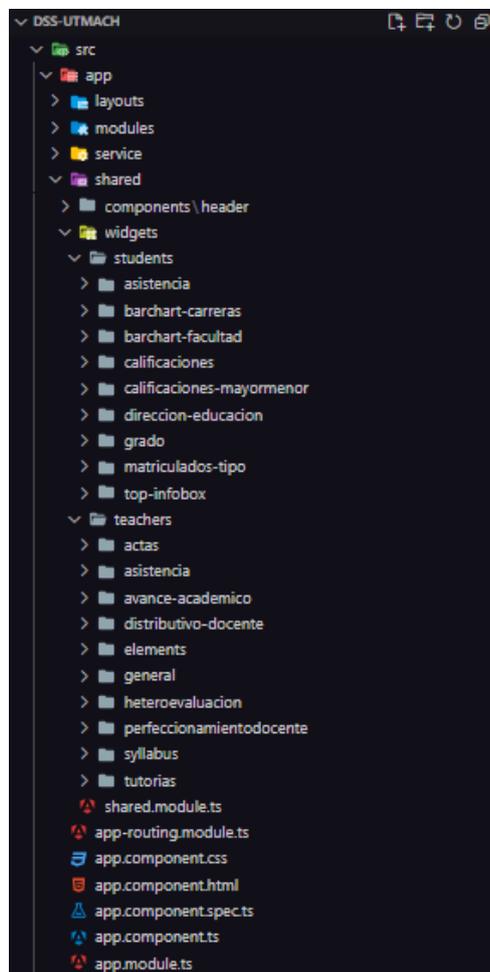
En la **Tabla 14** se muestra los widgets elegidos que permitieran presentar de manera efectiva los KPIs y proporcionen a los usuarios una clara visualización de la información, justificamos la acción de denominar cada componente gráfico a widget debido que cada uno de estos componentes pequeños sumarán a la experiencia del usuario al accionar las funciones integradas tales como despliegue de información específica.

*Tabla 14. Widgets y sus criterios respectivos asignados*

Widgets	Criterios
Box indicator	Estudiantes > Grado > Matriculados Docentes > Resumen general > Docentes Docentes > Heteroevaluación Docentes > Avance académico
Columna de barras	Estudiantes > Grado > Población estudiantil Estudiantes > Grado > Tipo de matrícula Estudiantes > Calificaciones > Calificaciones Estudiantes > Calificaciones > Rendimiento Estudiantes > Asistencia > Registro de asistencia Estudiantes > Educación continua > Nivel de inglés Docentes > Resumen general > Docentes Docentes > Perfeccionamiento docente > Perfeccionamiento docente Docentes > Distributivo docente > Distributivo docente Docentes > Tutorías > Tutorías docente
Barras de columnas horizontales	Estudiantes > Grado > Población estudiantil Estudiantes > Grado > Tipo de matrícula Docentes > Resumen general > Docentes
Barras de progreso horizontal	Docentes > Gestión de syllabus Docentes > Actas de calificaciones
Gráfico circular	Estudiantes > Grado > Tipo de matrícula (primera, segunda y terca matrícula) Estudiantes > Grado > Calificaciones Estudiantes > Grado > Asistencia Docentes > Perfeccionamiento docente > Calificaciones Docentes > Distributivo docente > Distributivo Docentes > Tutorías > Alumnos que recibieron y no recibieron tutorías
Área básica	Estudiantes > Graduados > Estudiantes que finalizaron sus estudios Estudiantes > Graduados > Estudiantes graduados
Tabla	Estudiantes > Educación continua > Nivel de inglés Docentes > Tutorías > Información

### 2.3.2.3 Construcción del dashboard

La **Figura 9** ilustra la estructura diseñada específicamente para la sección de docentes. Esta estructura al igual que la de estudiantes, se ha categorizado cuidadosamente para asegurar una integración eficiente de los datos, facilitando así un flujo de trabajo más ágil y efectivo en el momento de su incorporación al sistema.



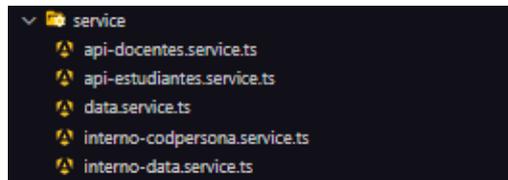
*Figura 9. Estructura del proyecto en base a los componentes gráficos categorizados.*

### 2.3.2.4 Integración de datos

Gracias a la metodología de definición de KPIs y un análisis de datos exhaustivo se logró identificar objetos, métricas y cómo estos elementos están asociados entre sí. Cabe mencionar que para el desarrollo del sistema optamos por no implementar un proceso ETL (Extracción, transformación y carga) debido a que la Universidad nos proporciona acceso a una API que ofrece información académica preparada y lista para su consumo, lo que simplifica significativamente la obtención y disponibilidad de los datos necesarios para nuestro DSS. Seguido de esto,

implementamos la conexión de la API de GraphQL e implementamos la conexión con nuestro sistema con la finalidad de tener los datos listos para el consumo de los componentes gráficos.

En la **Figura 10** presentada a continuación, se muestra la subestructura correspondiente a la categoría de servicio nativo de Angular, la cual es esencial para el mantenimiento del proyecto. Debido a acuerdos de confidencialidad establecidos con la Universidad, nos vemos imposibilitados de incluir una ilustración que detalle la conexión con la API.



*Figura 10. Estructura de los servicios para la integración de la API*

### **2.3.2.6 Pruebas de interfaz**

Esta sección se abordará al final cuando el prototipo se implemente en dominio público, se someterá a pruebas de rendimiento para evaluar su capacidad y alcance de los objetivos establecidos, con revisiones iterativas en base a los criterios de la norma ISO/IEC 9126 para ajustar y mejorar el dashboard según las necesidades de los usuarios, los resultados se publicarán en la sección 3.2.

### **2.3.2.7 Refinamiento**

Así mismo como la sección anterior se la ejecutará al final, se establecerá un proceso de refinamiento continuo para asegurar que la información del dashboard se mantenga actualizado y funcione correctamente, además que el código fuente pueda ser utilizado por el departamento de TICs para sus futuras versiones.

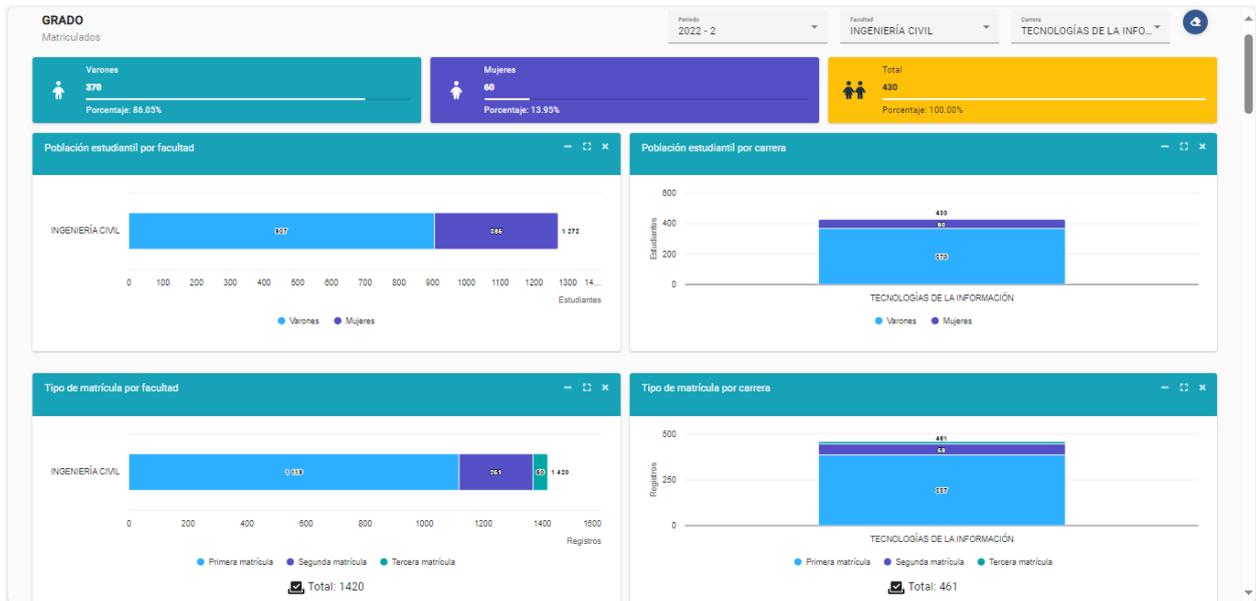
## **2.4 Ejecución del prototipo**

La **Figura 11** muestra el proceso de carga de página del prototipo. Este proceso no solo da la bienvenida al usuario, sino que también es crucial para la carga de la información inicial necesaria para el sistema.



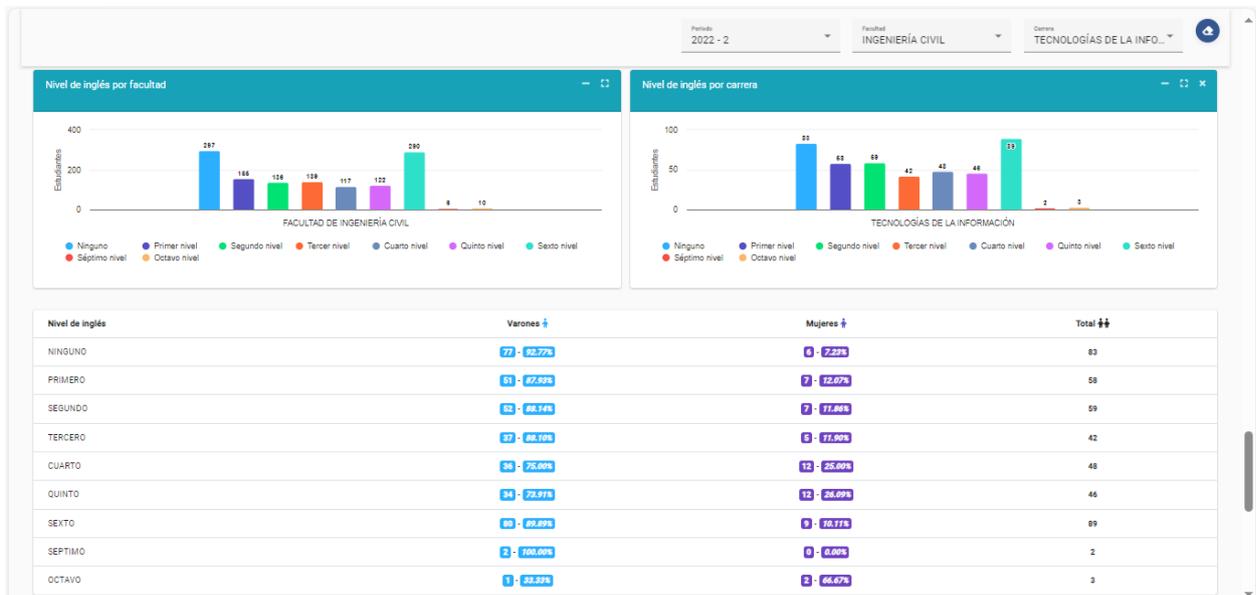
*Figura 11. Page loading al inicio del sitio web*

La **Figura 12** muestra una vista preliminar del dashboard, en la que se destaca la sección dedicada a los estudiantes. Esta sección proporciona una visión general de datos clave relacionados con indicadores de matrícula.



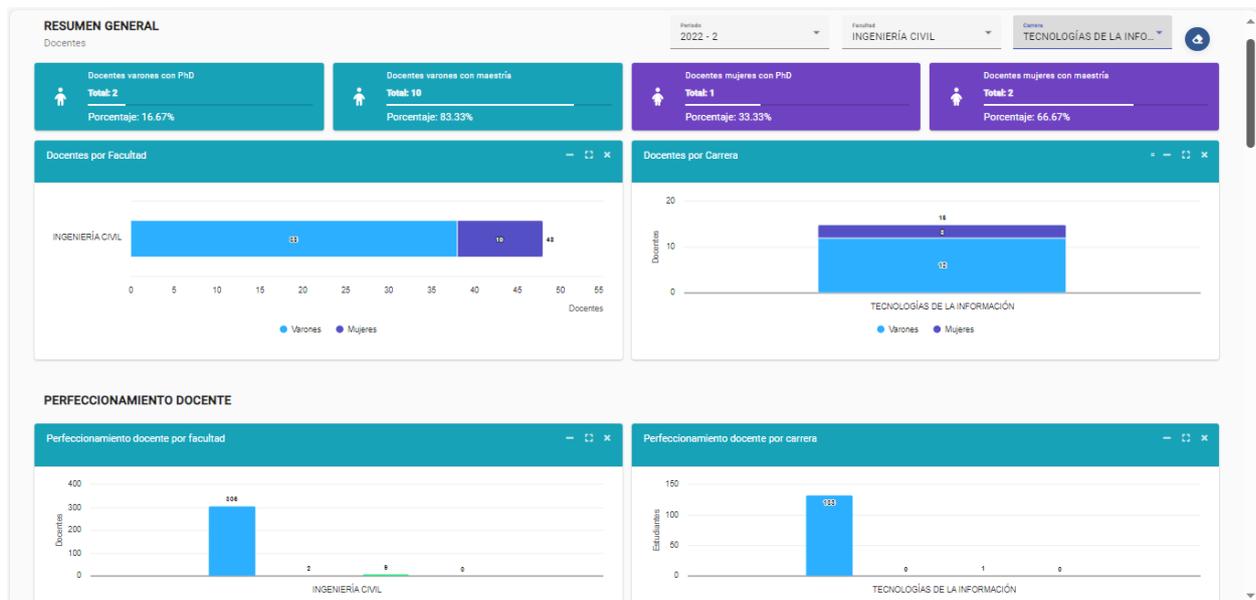
*Figura 12. Resumen general de la sección de matriculados de los estudiantes*

La **Figura 13** proporciona una panorámica de los niveles de inglés por facultad y carrera, ofreciendo una visión global y detallada. A partir de los filtros aplicados, es posible observar, en la parte inferior, una tabla específica que refleja estos filtros, mostrando los datos segmentados por el número y porcentaje de varones y mujeres, así como un resumen total que combina ambos.



*Figura 13. Vista de la categoría “niveles de inglés” de los estudiantes*

La **Figura 14** ilustra la sección dedicada a los docentes, ofreciendo un resumen general sobre la población docente en la institución, desglosado por facultades, carreras, entre otros aspectos relevantes.



*Figura 14. Resumen general de la sección de los docentes*

La **Figura 15** exhibe, dentro de la sección de docentes, una tabla con indicadores clave relacionados con la gestión de sílabos y actas de calificación. Estos indicadores están representados por barras de progreso, que incluyen el total y el porcentaje, y se destacan mediante colores representativos basados en los mismos indicadores.



*Figura 15. Representación de indicadores en gestión de syllabus y actas de calificaciones*

## CAPITULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

### 3.1 Plan de evaluación

#### Objetivo

Evaluar la calidad del sistema de soporte de decisiones utilizando la norma ISO/IEC 9126, para asegurar su correcto funcionamiento, así como también aceptación con la encuesta de satisfacción a los usuarios para la comprobación de la hipótesis del proyecto integrador curricular

#### Cronograma

*Tabla 15. Cronograma del plan de evaluación*

Semana	Fecha	Detalle
9	12/01/2024	Definir objetivos y cronograma de la evaluación del DSS.
10	19/01/2024	En base a los criterios de la norma ISO/IEC 9126 definir las preguntas de evaluación de la calidad y satisfacción a los usuarios.
11	26/01/2024	Implementación del prototipo en el escenario real (SIUTMACH) Evaluar el prototipo con herramientas de web performance
12	02/02/2024	Realizar la evaluación de calidad dirigido a expertos y encuesta de satisfacción a los usuarios
13	09/02/2024	Documentar los resultados en el documento del Proyecto de Titulación Curricular

#### 3.1.1 Proceso

##### 3.1.1.1 Evaluación de calidad

Para llevar a cabo una valoración detallada de la calidad, se optó por aplicar el estándar ISO/IEC 9126, utilizando los siguientes criterios de evaluación: funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. La encuesta fue dirigida al comité de especialistas encargados de evaluar el DSS, se emplea la escala de Likert como método de medición, asignando valores que oscilan entre: 1 es “deficiente”, 2 es “regular”, 3 es “Bueno”, 4 es “Muy bueno” y 5 es “excelente”.

*Tabla 16. Características y subcaracterísticas de la norma ISO/IEC 9126*

Características	Subcaracterísticas
Funcionalidad	Desempeño, seguridad, compatibilidad, exactitud.
Confiabilidad	Disponibilidad, tolerancia a fallos, capacidad de recuperación.
Usabilidad	Facilidad de aprendizaje, eficiencia de uso, satisfacción del usuario.

Características	Subcaracterísticas
Eficiencia	Uso de recursos, tiempo de respuesta.
Mantenibilidad	Modularidad, facilidad de reparación.
Portabilidad	Adaptabilidad, interoperabilidad.

### 3.1.1.2 Evaluación del prototipo con herramientas de web performance

En base a las características principales de la norma ISO/IEC 9126, se muestra a continuación en la **Tabla 17** las herramientas en línea usados para la evaluación del rendimiento del DSS.

*Tabla 17. Características de evaluación para el prototipo*

Herramienta	Características				
	Funcionalidad	Confiabilidad	Usabilidad	Eficiencia	Portabilidad
Lighthouse	x		x	x	x
WebPageTest		x	x	x	

### 3.1.1.3 Evaluación de satisfacción a los usuarios

La valoración de la satisfacción de los usuarios (**Anexo 3**) resulta crucial para comprender la percepción con respecto a la integración de los KPIs en el sistema. Esta evaluación ofrece datos importantes sobre la experiencia de usuario, además contribuye a detectar problemas y garantiza que el DSS concuerde con las expectativas, necesidades y demandas de los interesados. Para ello, se implementó una encuesta dirigida a rectores, decanos y coordinadores después de usar el sistema, sin experiencia previa.

### 3.1.1 Evaluación de calidad aplicando la norma ISO/IEC 9126

En este apartado, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva de la calidad del DSS utilizando como marco de referencia la norma ISO/IEC 9126. Esta norma establece criterios y métricas específicas para evaluar la calidad del software en términos de funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. Esta encuesta fue dirigida al comité de expertos en el área, la cual es conformado por los especialistas; directora del departamento de TI, coordinador de la carrera de tecnologías de la información, tutor, cotutor, especialista 2 y 3. La valoración se realiza del 1 y 5 según la escala de Likert: deficiente, regular, bueno, muy bueno, excelente, respectivamente.

Tabla 18. Encuesta de calidad según la norma ISO/IEC 9126

Nº	Característica	Subcaracterística	Criterio	Valoración (1-5)
1	Funcionalidad	Desempeño	¿El sistema responde rápidamente a las consultas?	
2		Seguridad	¿El sistema protege adecuadamente la información?	
3		Compatibilidad	¿El DSS es compatible con diferentes navegadores?	
4		Exactitud	¿Los resultados proporcionados son precisos?	
<b>Porcentaje de cumplimiento</b>				%
5	Confiabilidad	Disponibilidad	¿El sistema está disponible cuando se necesita?	
6		Tolerancia a fallos	¿Cómo maneja el sistema situaciones de fallo?	
7		Capacidad de recuperación	¿El DSS es capaz de recuperar datos en caso de fallos?	
<b>Porcentaje de cumplimiento</b>				%
8	Usabilidad	Facilidad de aprendizaje	¿Es fácil para los usuarios aprender a usar el sistema?	
9		Eficiencia de uso	¿Se logran realizar tareas con rapidez?	
10		Satisfacción del usuario	¿Está satisfecho con la experiencia general?	
<b>Porcentaje de cumplimiento</b>				%
11	Eficiencia	Uso de recursos	¿El DSS utiliza eficientemente los recursos del sistema en el cliente?	
12		Tiempo de respuesta	¿El tiempo de respuesta del sistema es aceptable?	
<b>Porcentaje de cumplimiento</b>				%
13	Mantenibilidad	Modularidad	¿Es fácil agregar o modificar módulos en el sistema?	
14		Facilidad de reparación	¿Es fácil identificar y corregir errores en el sistema?	
<b>Porcentaje de cumplimiento</b>				%
15	Portabilidad	Adaptabilidad	¿El DSS se puede adaptar fácilmente a diferentes dispositivos?	
16		Interoperabilidad	¿Es compatible con otros módulos del Siutmach?	
<b>Porcentaje de cumplimiento</b>				%
<b>Total</b>				%

**Adicional:** ¿Tiene alguna sugerencia de mejora para el DSS?

Porcentaje de Cumplimiento para cada característica según la fórmula:

$$\text{Porcentaje de cumplimiento} = \left( \frac{\text{Suma de Puntuaciones Obtenidas}}{\text{Puntuación Máxima Posible}} \right) * 100$$

- Suma de Puntuaciones Obtenidas: La suma de las puntuaciones individuales otorgadas por cada experto.
- Puntuación Máxima Posible: El puntaje máximo posible que un experto podría dar (en este caso, sería 5, ya que es la puntuación máxima en la escala).

### **3.1.2 Evaluación mediante herramientas de web performance**

En este segmento, se llevará a cabo una evaluación del rendimiento del DSS utilizando herramientas especializadas en Web Performance. Estas herramientas proporcionarán información valiosa sobre la eficiencia y velocidad del DSS en tiempo real.

#### **3.1.2.1 Lighthouse**

Lighthouse es una herramienta de código abierto desarrollada por Google, encargada de evaluar la calidad general de las aplicaciones web, incluido el rendimiento, la accesibilidad, las mejores prácticas de desarrollo y la optimización para motores de búsqueda. Se utilizará para evaluar el DSS desde la perspectiva de la funcionalidad y eficiencia [66].

#### **3.1.2.2 WebPageTest**

WebPageTest es una herramienta que proporciona análisis detallados del rendimiento de una página web, utilizada para evaluar la velocidad de carga del DSS, así como otros aspectos críticos relacionados con la eficiencia. WebPageTest nos permitirá obtener información sobre la funcionalidad, eficiencia y confiabilidad del DSS en distintas condiciones de carga [67].

### **3.1.3 Evaluación de satisfacción a los usuarios**

Se llevó a cabo una exhaustiva encuesta destinada a capturar las percepciones y experiencias a los tres tipos usuarios clave; autoridades, directores de mando y representantes de las unidades académicas. La valoración se realiza en una escala de 1 a 5, donde 1 es " nada satisfecho ", 2 es "un poco satisfecho", 3 es "satisfecho", 4 es "muy satisfecho" y 5 es "Totalmente satisfecho".

Tabla 19. Encuesta de satisfacción de los usuarios

N°	Característica	Criterios	Valoración (1-5)
		¿Qué tan satisfecho está con:	
1	<b>Interfaz y usabilidad</b>	la facilidad de uso de la interfaz?	
2		la intuitividad de las funciones del sistema?	
3		la navegación y el acceso?	
<b>Promedio</b>			
4	<b>Funcionalidad y relevancia</b>	la ayuda que proporcionará el DSS en la toma de decisiones?	
5		la adecuación de los KPIs a su rol específico?	
6		la relevancia de la información en los paneles de control?	
<b>Promedio</b>			
7	<b>Rendimiento y tiempo de respuesta</b>	la velocidad de carga y respuesta del DSS?	
8		la eficiencia y rapidez en el rendimiento del DSS?	
9		el rendimiento del DSS?	
<b>Promedio</b>			
10	<b>Estética y presentación del DSS</b>	la estética y diseño visual de los paneles de control del DSS?	
11		la presentación visual de la información en el DSS?	
<b>Promedio</b>			
12	<b>Satisfacción general</b>	¿Cuál es su nivel de satisfacción general con el DSS?	
<b>Promedio</b>			

**Adicional:** ¿Tiene alguna sugerencia de mejora para el DSS?

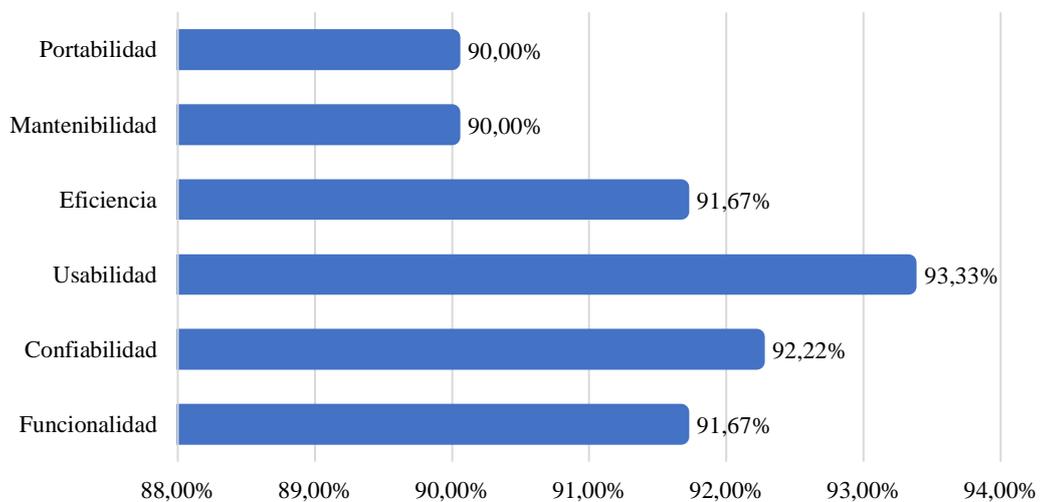
### 3.2 Resultados de la evaluación

#### 3.2.1 Resultados de la evaluación de calidad

La **Tabla 20** muestra los resultados de la encuesta de calidad ISO/IEC 9126, dirigida a 6 expertos, con la valoración en una escala de Likert de 1 a 5 (deficiente a excelente), se presenta a continuación.

*Tabla 20. Resultados de la encuesta de calidad ISO/IEC 9126 dirigida a 6 expertos*

Características	Número de encuestados	Sumatoria	Promedio	Porcentaje de cumplimiento
<b>Funcionalidad</b>	6	27.5	4.58	91.67%
<b>Confiabilidad</b>	6	27.67	4.61	92.22%
<b>Usabilidad</b>	6	28	4.67	93.33%
<b>Eficiencia</b>	6	27.5	4.58	91.67%
<b>Mantenibilidad</b>	6	27	4.50	90%
<b>Portabilidad</b>	6	27	4.50	90%
<b>Promedio total</b>		<b>164.67</b>	<b>4.54</b>	<b>91.48%</b>



*Figura 16. Porcentaje de norma ISO/IEC 9126 por característica*

En la **Figura 16** muestra los porcentajes de cumplimiento de todas las características según la norma ISO/IEC 9126, basado en una encuesta aplicada a 6 expertos. Estas características muestran

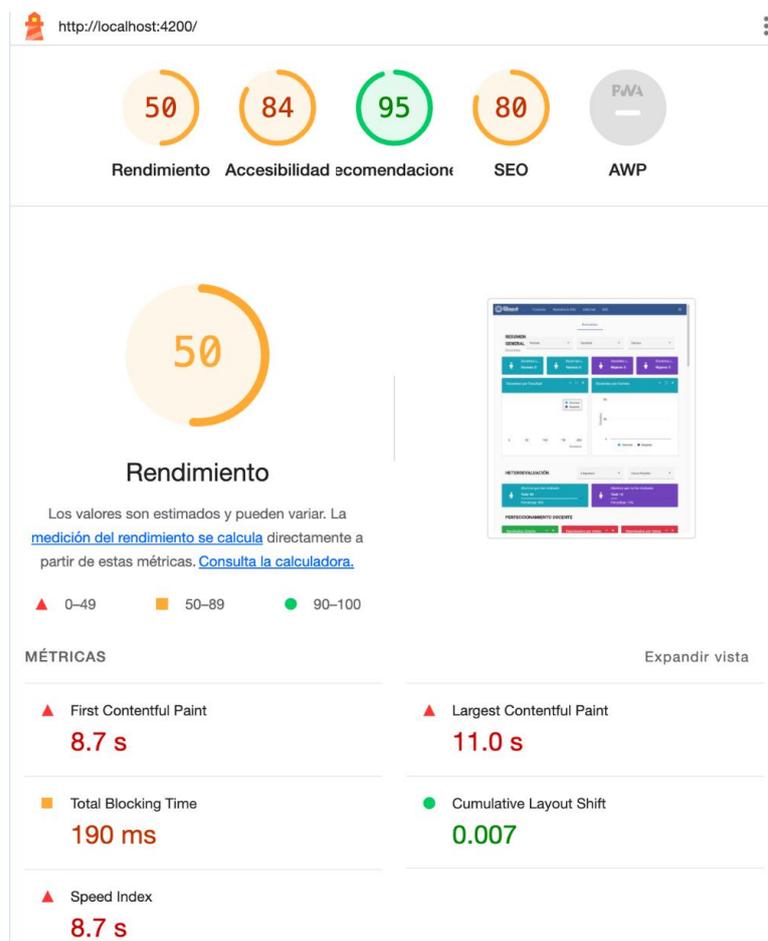
porcentajes de cumplimiento superiores al 90%, indicando una percepción positiva del sistema. La usabilidad destaca como la característica más valorada, con un porcentaje de cumplimiento del 93.33%, reflejando la eficacia y satisfacción del sistema en términos de facilidad de uso, lo que sugiere que los usuarios encuentran el sistema intuitivo y accesible.

Las características de "confiabilidad", "eficiencia" y "funcionalidad" muestran los porcentajes de cumplimiento también elevados, esto señala que el sistema es eficiente en el uso de recursos y confiable en su funcionamiento. Por otro lado, las características de "mantenibilidad" y "portabilidad" también muestran buenos porcentajes de cumplimiento, reflejando la flexibilidad del sistema para adaptarse a distintos entornos y su facilidad para ser actualizado o modificado.

### 3.2.2 Resultados de la evaluación con herramientas web performance

#### 3.2.2.1 Resultados de la evaluación con Lighthouse

La **Figura 17** muestra los resultados realizada a través de la herramienta Lighthouse, una herramienta automatizada para mejorar la calidad de las páginas web.



*Figura 17. Resultados de la evaluación realizada a través de la herramienta Lighthouse*

Los resultados presentan en una serie de métricas clave, cada categoría tiene un puntaje que varía entre 0 y 100, indicando la calidad en esa área específica, los puntajes son los siguientes:

- **Rendimiento:** 50/100
- **Accesibilidad:** 84/100
- **Mejores Prácticas:** 95/100
- **SEO:** 80/100

Además, hay métricas detalladas que proporcionan información sobre el rendimiento, tales como:

- **First Contentful Paint:** 8.7 segundos
- **Largest Contentful Paint:** 11.0 segundos
- **Total Blocking Time:** 190 milisegundos
- **Cambio de diseño acumulativo:** 0.007
- **Índice de velocidad:** 8.7 segundos

La herramienta Lighthouse ha proporcionado una valoración de rendimiento, accesibilidad, mejores prácticas y SEO que son fundamentales para la optimización continua del DSS. Aunque la accesibilidad y la adhesión a las mejores prácticas son destacables, el rendimiento del sistema medido por el tiempo junto al First Contentful Paint y el Largest Contentful Paint, no alcanzan los estándares ideales. Esto puede afectar negativamente la experiencia del usuario, especialmente en dispositivos con recursos limitados o conexiones de internet lentas.

### 3.2.2.1 Resultados de la evaluación con WebPageTest

La **Figura 18** exhibe los resultados obtenidos de la herramienta WebPageTest en un dominio público.



Figura 18. Resultados de la evaluación realizada a través de la herramienta WebPageTest

La evaluación realizada con esta herramienta complementa y proporciona un contexto más amplio a los resultados previamente obtenidos con Lighthouse. Los datos clave de rendimiento obtenidos son:

- **Tiempo hasta el primer byte:** 0.413 segundos. Esto indica una respuesta rápida del servidor, lo cual es un buen indicador de la eficiencia en el backend.
- **Inicio del renderizado:** 6.100 segundos. El tiempo hasta que se comienza a visualizar contenido en pantalla muestra una demora considerable, lo cual podría mejorarse.
- **First Contentful Paint:** 6.129 segundos. Este valor es menor al obtenido con Lighthouse (8.7 segundos), sugiriendo que en este caso la primera visualización de contenido es más rápida.
- **Índice de velocidad:** 11.616 segundos. Este valor es superior al obtenido con Lighthouse y sugiere que la página puede percibirse como lenta en cargar completamente.
- **Largest Contentful Paint:** 6.129 segundos. Este resultado es más favorable que el resultado de 11.0 segundos de Lighthouse, pero aún indica un área de oportunidad para mejorar la carga de los elementos visuales más significativos.
- **Cambio de diseño acumulativo:** 1.307. Este valor es significativamente más alto que el resultado de Lighthouse (0.007), lo que indica una mayor inestabilidad en la visualización de la página durante la carga.
- **Tiempo total de bloqueo:** 0.345 segundos. Este resultado muestra un tiempo moderado durante el cual la página es inutilizable, que podría contribuir a una experiencia de usuario menos óptima.

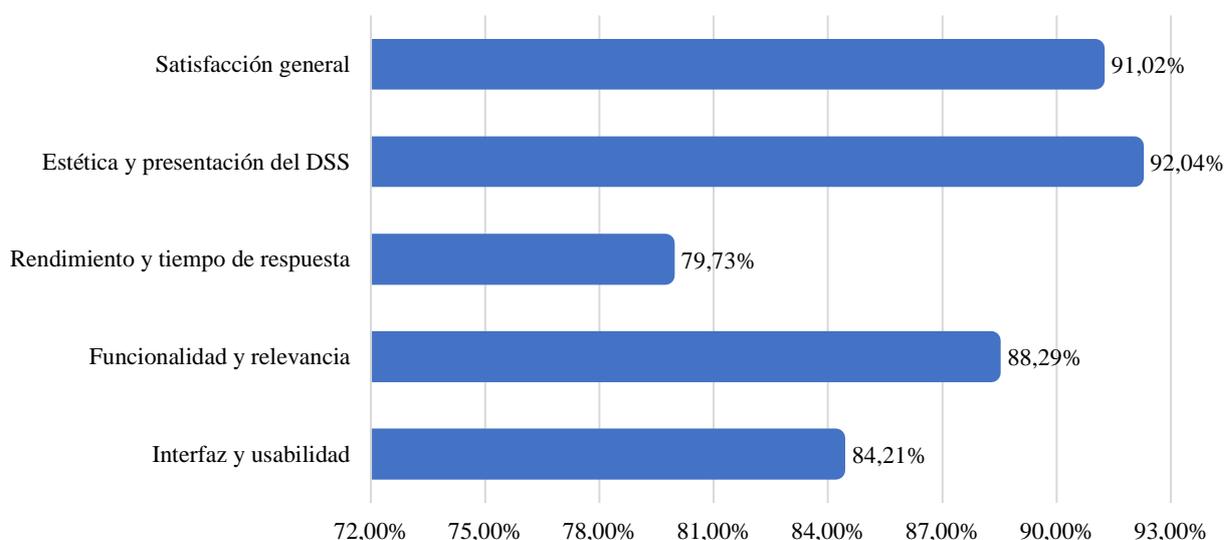
Estos resultados de WebPageTest, junto con los de Lighthouse, resaltan la necesidad de centrarse en mejorar los tiempos de carga visual y la estabilidad de la página para mejorar la experiencia del usuario.

### 3.2.3 Resultados de la evaluación de satisfacción a los usuarios

La **Tabla 21** muestra los resultados de la encuesta de satisfacción de usuarios, dirigida a 49 usuarios que incluyen las autoridades (rector y vicerrectores), autoridades de las facultades (decanos y subdecanos), coordinadores de carreras y directores departamentales., evaluada en una escala de 1 a 5 para cada categoría, con 1 siendo "Nada satisfecho" y 5 "Totalmente satisfecho".

*Tabla 21. Resultados de la encuesta de satisfacción de los usuarios dirigida a 49 usuarios*

Característica	Número de usuarios	Sumatoria	Promedio	Porcentaje
<b>Interfaz y usabilidad</b>	49	206.33	4.21	84.21%
<b>Funcionalidad y relevancia</b>	49	216.33	4.41	88.29%
<b>Rendimiento y tiempo de respuesta</b>	49	195.33	3.99	79.73%
<b>Estética y presentación del DSS</b>	49	225.5	4.60	92.04%
<b>Satisfacción general</b>	49	223	4.55	91.02%
<b>Promedio total</b>			<b>4.35</b>	<b>87.06%</b>



*Figura 19. Porcentaje de satisfacción de los usuarios por característica*

Todas las categorías muestran un alto nivel de satisfacción, con porcentajes que superan ampliamente el 80%. Esto indica una respuesta positiva general hacia el DSS implementado en la UTMACH. La categoría de "satisfacción general" y "estética y presentación del DSS" tienen uno de los porcentajes más altos, lo que refleja una muy buena acogida del sistema e indica que los usuarios aprecian altamente el diseño visual y la forma en que se presenta la información dentro del sistema. Las categorías de: "interfaz y usabilidad" y "funcionalidad y relevancia" presentan porcentajes muy similares y altos. Esto indica una percepción equilibrada de la facilidad de uso del sistema y la relevancia de la información y las funciones que ofrece. Por otro lado, la categoría "rendimiento y tiempo de respuesta" muestra un porcentaje ligeramente menor en comparación

con las demás, todavía es alto, lo que indica que los usuarios están satisfechos con la eficiencia del sistema.

### 3.2.4 Prueba de hipótesis para proporciones

Partiendo de la hipótesis de investigación se planteó la hipótesis nula y alternativa:

- Hipótesis nula (H0): Los usuarios que están altamente satisfechos con la presentación oportuna y satisfactoria de la información académica es menor al 80%.
- Hipótesis alternativa (H1): Los usuarios que están altamente satisfechos con la presentación oportuna y satisfactoria de la información académica es mayor o igual al 80%.

#### 3.2.4.1 Recolección de datos

En la **Tabla 22**, se resume el conteo de veces que los usuarios han elegido los criterios a continuación:

*Tabla 22. Resumen de la encuesta de satisfacción categorizado por criterios*

Criterios	Nada satisfecho	Un poco satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho	Totalmente satisfecho
Preguntas (cantidad)	0	24	82	176	306
Criterio	Satisfacción baja		Satisfacción alta		
Total, por categoría de satisfacción	24		564		
<b>Total</b>	<b>588</b>				

#### 3.2.4.2 Cálculo de la proporción observada

En la **Tabla 23** se muestran los porcentajes correspondientes a la satisfacción (alta), ya que estos corresponden a los valores que se tendrán en cuenta para la realización de la prueba de hipótesis.

*Tabla 23. Resumen de la encuesta de satisfacción en porcentaje categorizado por criterios*

Criterios	Nada satisfecho	Un poco satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho	Totalmente satisfecho
Cantidad %	0%	4.08%	13.95%	29.93%	52.04%
Total	4.08%		95.92%		
	Satisfacción baja		Satisfacción alta		

Prueba para saber si se puede aplicar la prueba de hipótesis (Bernoulli)

$$np_0 \geq 5(1 - p_0) \geq 5$$

$$p_0 = \frac{x}{n} = \frac{564}{588} = 0,95$$

$$588(0,95) \geq 5, \quad 588(1 - 0,95) \geq 5$$

$$558,6 \geq 5, \quad 29,4 \geq 5$$

Esto significa que hay suficientes casos de éxito y fracasos para proceder con la prueba de hipótesis.

### 3.2.4.3 Variables

n = tamaño de la muestra

$\alpha$  = nivel de significancia

x = número de casos favorables es satisfacción (alta)

1 -  $\alpha$  = nivel de confianza

$p_0$  = proporción propuesta bajo la hipótesis nula

$Z_0$  = estadístico de prueba

$\hat{p}$  = proporción de la muestra

### 3.2.4.4 Datos

$$n=588$$

$$\hat{p} = \frac{x}{n} = \frac{564}{588} = 0,9591837$$

$$x=564$$

$$\alpha = 0.05$$

$$p_0 = 80\% = 0.80$$

$$Z_0 = \underline{x}$$

$$1 - \alpha = 0.95$$

### 3.2.4.5 Prueba de proporciones

Comprobar la proporción observada con el valor de referencia utilizando la prueba del estadístico Z.

### 3.2.4.6 Planteamiento de la hipótesis

$$H_0: p_0 < 80\%$$

$$H_1: p_0 \geq 80\%$$

### 3.2.4.7 Cálculo de estadístico de prueba

La fórmula del estadístico de prueba  $Z_0$  para una proporción es:

$$Z_0 = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

$$Z_0 = \frac{0.959183 - 0.80}{\sqrt{\frac{0.80(1-0.80)}{588}}}$$

$$Z_0 = \frac{0.1591837}{0.0164957}$$

$$Z_0 = 9.65$$

El estadístico de prueba  $Z_0$  calculado es aproximadamente 9.65, esto significa que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula.

### 3.2.4.8 Cálculo estadístico de referencia crítico $Z_\alpha$

Para calcular el Z estadístico, se realizó la búsqueda en la tabla de la distribución normal estándar, como se observa en la **Figura 20**:

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

Figura 20. Uso de la tabla de distribución de probabilidad normal estándar

Para un nivel de significancia de 0.05 en una prueba unilateral, el valor crítico de  $Z_\alpha$  es 1.645.

$$Z_\alpha = Z_{0.05} = 1.645$$

### 3.2.4.9 Gráfico de la normal

En la **Figura 21** se muestra la distribución normal estándar, destacando el área crítica a la derecha del valor crítico  $Z_\alpha = 1.645$  (línea azul discontinua), que corresponde a un nivel de significancia de 0.05 para una prueba unilateral a la derecha. El valor calculado de  $Z_0$ , que es 9.65, indicaría que se encuentra significativamente a la derecha de  $Z_\alpha$ , en la en la región crítica, sugiriendo el rechazo de la hipótesis nula.

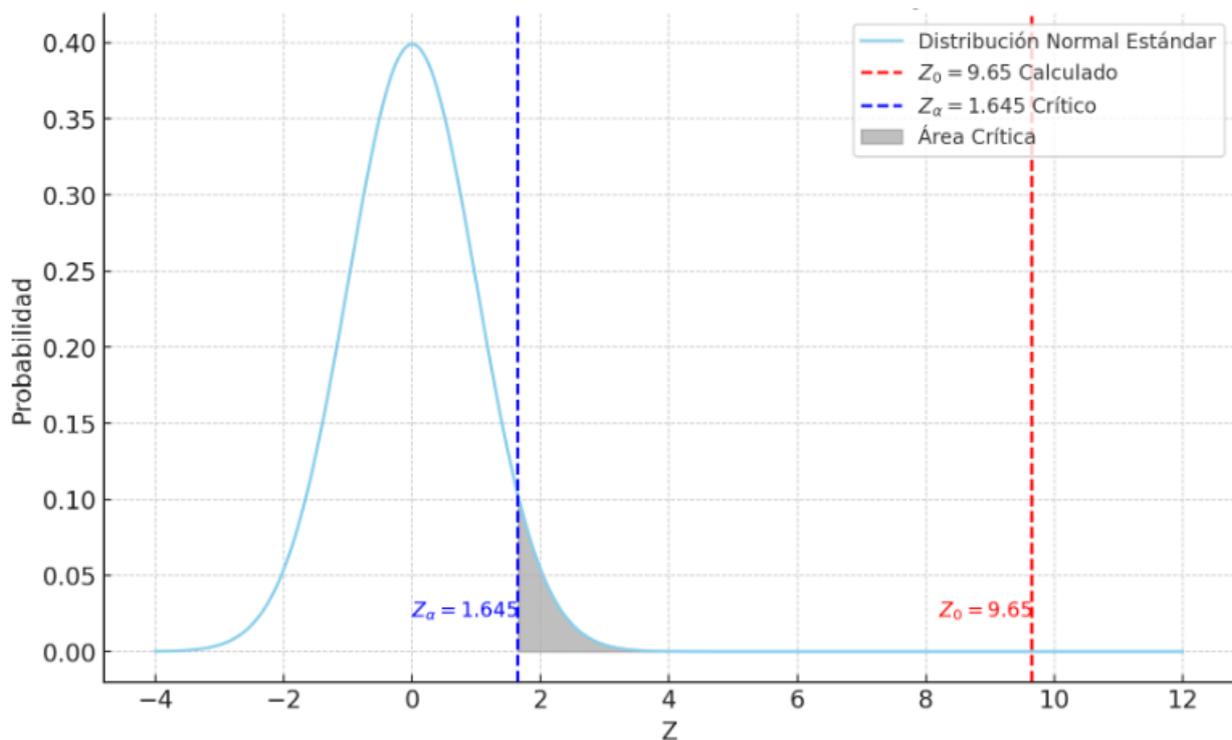


Figura 21. Distribución normal con  $Z_0$  y  $Z_\alpha$

### 3.2.4.10 Aplicación del criterio de rechazo

- El estadístico  $Z_0$  calculado es aproximadamente 9.65
- El valor crítico  $Z_\alpha$  para un nivel de significancia de 0.05 en una prueba unilateral a la derecha es aproximadamente 1.645

$$Z_0 > Z_\alpha$$

$$9.65 > 1.645 = TRUE$$

Dado que el estadístico Z calculado (9.65) es mayor que el valor crítico Z (1.645), aplicamos el criterio de rechazo y rechazamos la hipótesis nula ( $H_0$ ): Los usuarios que están altamente satisfechos con la presentación oportuna y satisfactoria de la información académica es menor al 80%.

#### **3.2.4.11 Discusión**

Esto significa que nuestro estadístico  $Z_0$  calculado de aproximadamente 9.65, está por encima del valor crítico  $Z_\alpha = 1.645$ . Este resultado nos permite rechazar la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%, es decir, hay suficiente evidencia estadística para afirmar que la proporción de usuarios altamente satisfechos con el DSS es mayor o igual que el 80% con un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

## **CONCLUSIONES**

- La implementación de un sistema de soporte a las decisiones ha demostrado ser importante para permitir a los usuarios acceder a la información relevante en tiempo real de manera rápida y precisa, lo que resulta ser clave para el apoyo de las decisiones de los altos mandos.
- La metodología de definición de KPIs y la metodología VROps en el diseño del Dashboard fueron pilares fundamentales en el desarrollo del DSS, permitieron la presentación de los indicadores en los elementos gráficos de forma intuitiva, haciendo énfasis en un diseño flexible y escalable.
- Se identificaron los KPIs más relevantes divididos en dos categorías esenciales para la gestión académica de la UTMACH; estudiantes (matrícula, calificaciones, asistencia, educación continua, graduados) y docentes (resumen general, perfeccionamiento docente, distributivo docente, gestión de syllabus, actas de calificaciones, heteroevaluación, avance académico, tutorías) para los siguientes tipos de usuarios: Autoridades principales (rector y vicerrectores), autoridades de facultades (decanos y subdecanos), directores departamentales y coordinadores de carrera.
- Para el desarrollo de una interfaz de usuario interactiva se utilizó la herramienta Angular y lenguaje TypeScript, su organización y arquitectura basada en componentes facilitó la creación del Dashboard, donde cada gráfico puede actualizarse de forma reactiva sin necesidad de recargar la página. Esto resultó beneficioso para presentar los KPIs de manera efectiva, permitiendo a los usuarios interactuar con los datos.

- El DSS fue evaluado de tres formas, en la primera fase de evaluación se aplicó una encuesta de calidad basada en la norma ISO/IEC 9126 a un grupo selecto de expertos en tecnologías de la información y gestión académica. Los resultados mostraron una alta valoración general, con un promedio de satisfacción que superó el 80%, reflejando la adecuación del sistema a las necesidades institucionales. En la segunda fase los resultados con las herramientas Lighthouse y WebPageTest, muestran que la accesibilidad, las mejores prácticas y el SEO están relativamente bien optimizados, el rendimiento general del sitio web es bajo, lo cual resalta la necesidad de mejorar la velocidad de carga y la eficiencia general. Y finalmente para capturar la percepción y aceptación del sistema, se realizó una encuesta de satisfacción a los 49 usuarios finales, la cual evidenció un alto grado de satisfacción, con más del 80% de los encuestados expresando niveles de satisfacción de "muy satisfechos" a "totalmente satisfechos" en relación con la funcionalidad, usabilidad y relevancia del DSS para respaldar los procesos de toma de decisiones.
- Se aplicó una prueba de hipótesis de proporciones; los resultados demostraron que la implementación del DSS basado en KPIs de gestión académica de la UTMACH permitió efectivamente una presentación oportuna y satisfactoria de la información de interés, lo que indica que la proporción de usuarios altamente satisfechos con el DSS es significativamente mayor que el 80%, esto confirma el impacto positivo del sistema en apoyar las decisiones de los mandos tácticos y estratégicos de la Universidad.

## **RECOMENDACIONES**

- La comprobación exitosa de la hipótesis subraya la relevancia y eficacia del DSS implementado en mejorar la gestión académica y facilitar un proceso de toma de decisiones más informado y eficiente en la Universidad.
- Para mejorar el rendimiento y la eficiencia del DSS en el SIUTMACH, se recomienda implementar un data warehouse optimizado con procesos ETL, lo que facilitaría la gestión de grandes volúmenes de datos y aceleraría las consultas, resultando en una carga de página más rápida y una mejor experiencia de usuario.
- Se recomienda continuar con el esfuerzo de investigación en el ámbito de los sistemas de soporte de decisiones en educación y expandir el estudio en otras áreas de la misma institución educativa para validar y enriquecer los hallazgos de esta investigación.

- Se recomienda explorar en futuras investigaciones el uso de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, para mejorar aún más la capacidad analítica del DSS.
- Se recomienda a otras instituciones utilizar los sistemas de soportes de decisiones para mejorar procesos internos y estrategias de gestión académica, y considerar la expansión de las funcionalidades del DSS para abarcar más áreas de la gestión institucional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Consejo de Educación Superior, “CES, CEAACES y SENESCYT trabajan en ejes de igualdad.” Accessed: Jan. 12, 2024. [Online]. Available: [https://www.ces.gob.ec/?te\\_announcements=ces-ceaaces-y-senescyt-trabajan-en-ejes-de-igualdad](https://www.ces.gob.ec/?te_announcements=ces-ceaaces-y-senescyt-trabajan-en-ejes-de-igualdad)
- [2] CACES, “Modelo de evaluación externa 2024 con fines de acreditación para los institutos superiores técnicos y tecnológicos,” 2021.
- [3] H. A. Combata Niño, J. P. Cómata Niño, and R. Morales Ortega, “Business intelligence governance framework in a University: Universidad de la Costa case study,” *Int J Inf Manage*, vol. 50, pp. 405–412, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.012.
- [4] Consejo de Educación Superior, “Informe técnico de resultados definitivos del examen de habilitación para el ejercicio profesional,” 2022.
- [5] A. Calitz, S. Bosire, and M. Cullen, “The role of business intelligence in sustainability reporting for South African higher education institutions,” *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 19, no. 7, pp. 1185–1203, Dec. 2018, doi: 10.1108/IJSHE-10-2016-0186.
- [6] Dirección de planificación, “Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de la Universidad Técnica de Machala 2023 - 2027,” 2023.
- [7] Mark Jusko, “vROps – A Methodology for Authoring Dashboards,” VMware Cloud Management. Accessed: Sep. 18, 2023. [Online]. Available: <https://blogs.vmware.com/management/2017/03/vrops-methodology-to-authoring-dashboards.html>
- [8] C. Manterola, P. Astudillo, E. Arias, and N. Claros, “Systematic Reviews of the Literature: What Should be Known About Them §,” 2013. [Online]. Available: [www.elsevier.es/cirugia](http://www.elsevier.es/cirugia)
- [9] B. Walek, O. Pektor, and R. Farana, “Decision support system for evaluating suitable job applicants,” *Mathematics*, vol. 9, no. 15, Aug. 2021, doi: 10.3390/math9151773.

- [10] Y. Guo, N. Wang, Z. Y. Xu, and K. Wu, “The internet of things-based decision support system for information processing in intelligent manufacturing using data mining technology,” *Mech Syst Signal Process*, vol. 142, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.ymsp.2020.106630.
- [11] N. Zhu, J. Cao, K. Shen, X. Chen, and S. Zhu, “A decision support system with intelligent recommendation for multi-disciplinary medical treatment,” *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, vol. 16, no. 1s, Apr. 2020, doi: 10.1145/3352573.
- [12] J. Berrú-Ayala, D. Hernandez-Rojas, P. Morocho-Díaz, J. Novillo-Vicuña, B. Mazon-Olivo, and A. Pan, “SCADA System Based on IoT for Intelligent Control of Banana Crop Irrigation,” 2020, pp. 243–256. doi: 10.1007/978-3-030-42517-3\_19.
- [13] B. Mazon-Olivo, W. Rivas-Asanza, J. Novillo-Vicuña, and C. Flores-Cabrera, “Análisis de producción avícola mediante técnicas de inteligencia de negocios y minería de datos,” *Alternativas*, vol. 19, no. 2, pp. 80–88, Aug. 2018, doi: 10.23878/alternativas.v19i2.203.
- [14] M. del R. García Sánchez, J. Reyes Añorve, and G. Godínez Alarcón, “Las Tic en la educación superior, innovaciones y retos / The ICT in higher education, innovations and challenges,” *RICSH Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, vol. 6, no. 12, pp. 299–316, Jan. 2018, doi: 10.23913/ricsh.v6i12.135.
- [15] Xianhong Hu, B. Neupane, L. F. Echaiz, P. Sibal, and M. Rivera Lam, *El aporte de la inteligencia artificial y las TIC avanzadas a las sociedades del conocimiento*, UNESCO. UNESCO, 2021. [Online]. Available: <https://en.unes->
- [16] B. Pashanasi Amasifuen, J. Gárate Ríos, and G. del P. Palomino Alvarado, “Desempeño laboral en instituciones de educación superior: una revisión Latinoamericana de literatura,” *Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, vol. 12, no. 3, pp. 163–174, Sep. 2021, doi: 10.33595/2226-1478.12.3.537.
- [17] M. J. Steven and R. Vera, “Análisis de datos profundo mediante herramienta de inteligencia artificial para la generación de un Dashboard Gerencial. Integrating Deep Data Analysis and AI Technology to Empower Business Decision Making through Executive Dashboards,” *sapientia technological*, vol. 4, pp. 1–20, 2023, [Online]. Available: <https://orcid.org/0009-0002-7718-4939>.

- [18] V. Encalada *et al.*, “Sistemas de información como herramienta para reorganizar procesos de manufactura Information system as a tool to reorganize manufacturing processes,” *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 24, 2019, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/290/29058864015/html/>
- [19] B. Sablón, O. Santiago, V. Pincay, H. Jesús, J. ; Nevárez Barberán, and J. V. Hugo, “Gestión de la información y toma de decisiones en organizaciones educativas,” *Rev Cienc Soc*, vol. 25, no. 2, 2019, Accessed: Feb. 19, 2024. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/280/28059953010/28059953010.pdf>
- [20] Rafael. Lapiedra Alcamí, Carlos. Devece Carañana, and J. Guiral Herrando, *Introducción a la gestión de sistemas de información en la empresa.*, 1st ed. Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions, 2011.
- [21] R. Somya, D. Manongga, and Magdalena. A. Ineke Pakereng, “Service-Oriented Business Intelligence (SoBI) for Academic and Financial Data Integration in University,” in *2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication*, IEEE, Sep. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/ISEMANTIC.2018.8549762.
- [22] Z. Jourdan, R. K. Rainer, and T. E. Marshall, “Business intelligence: An analysis of the literature,” *Information Systems Management*, vol. 25, no. 2, pp. 121–131, Mar. 2008, doi: 10.1080/10580530801941512.
- [23] C. W. García Estrella, E. Barón Ramírez, and S. K. Sánchez Gárate, “La inteligencia de negocios y la analítica de datos en los procesos empresariales,” *Revista Científica de Sistemas e Informática*, vol. 1, no. 2, pp. 38–53, Jul. 2021, doi: 10.51252/rcsi.v1i2.167.
- [24] A. Renz and R. Hilbig, “Prerequisites for artificial intelligence in further education: identification of drivers, barriers, and business models of educational technology companies,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 17, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1186/s41239-020-00193-3.
- [25] W. Leal Filho *et al.*, “Using data science for sustainable development in higher education,” *Sustainable Development*, Jun. 2023, doi: 10.1002/sd.2638.

- [26] J. Santos and M. Benites, “Business intelligence and its impact on university management of the Faculty of Engineering of the National University of Trujillo,” *Revista Ciencia y Tecnología*, vol. 16, no. 3, pp. 87–104, Aug. 2020, doi: 10.17268/rev.cyt.2020.03.09.
- [27] L. E. Contreras, H. J. Fuentes, and J. I. Rodriguez, “Academic performance prediction by machine learning as a success/failure indicator for engineering students,” *Formacion Universitaria*, vol. 13, no. 5, pp. 233–246, 2020, doi: 10.4067/S0718-50062020000500233.
- [28] S. G. Lovato Torres, M. E. Ordoñez-Guartazaca, V. C. Coronel Pérez, and C. W. Bermúdez Gallegos, “Relación de la gestión del conocimiento con la gestión académica de las universidades,” *Investigación & Negocios*, vol. 13, no. 22, p. 118, Nov. 2020, doi: 10.38147/invneg.v13i22.106.
- [29] J. M. Molina López and J. García Herrero, *Técnicas de análisis de datos aplicaciones prácticas utilizando microsoft excel y weka*. 2006.
- [30] J. M. Jurado-Pupiales, A. J. Romero-Fernández, A. L. Sandoval-Pillajo, and F. A. Viscaino-Naranjo, “Business intelligence como soporte en la toma de decisiones de la secretaría académica de UNIANDES-Ecuador,” *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, vol. 8, no. 4, pp. 1058–1068, Aug. 2022, doi: 10.35381/cm.v8i4.910.
- [31] P. Pornphol and T. Tongkeo, “Transformation from a traditional university into a smart university,” in *Proceedings of the 6th International Conference on Information and Education Technology*, New York, NY, USA: ACM, Jan. 2018, pp. 144–148. doi: 10.1145/3178158.3178167.
- [32] L. Chen, X. Geng, M. Lu, A. Shimada, and M. Yamada, “How Students Use Learning Analytics Dashboards in Higher Education: A Learning Performance Perspective,” *Sage Open*, vol. 13, no. 3, Jul. 2023, doi: 10.1177/21582440231192151.
- [33] Y. Yang, R. Majumdar, H. Li, B. Flanagan, and H. Ogata, “Design of a learning dashboard to enhance reading outcomes and self-directed learning behaviors in out-of-class extensive reading,” *Interactive Learning Environments*, pp. 1–18, Jul. 2022, doi: 10.1080/10494820.2022.2101126.

- [34] R. L. Sansom, R. Bodily, C. O. Bates, and H. Leary, “Increasing Student Use of a Learner Dashboard,” *J Sci Educ Technol*, vol. 29, no. 3, pp. 386–398, Jun. 2020, doi: 10.1007/s10956-020-09824-w.
- [35] F. Gutiérrez, K. Seipp, X. Ochoa, K. Chiluzia, T. De Laet, and K. Verbert, “LADA: A learning analytics dashboard for academic advising,” *Comput Human Behav*, vol. 107, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.chb.2018.12.004.
- [36] T. Susnjak, G. S. Ramaswami, and A. Mathrani, “Learning analytics dashboard: a tool for providing actionable insights to learners,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 19, no. 1, p. 12, Dec. 2022, doi: 10.1186/s41239-021-00313-7.
- [37] M. Kokoç and A. Altun, “Effects of learner interaction with learning dashboards on academic performance in an e-learning environment,” *Behaviour and Information Technology*, vol. 40, no. 2, pp. 161–175, 2021, doi: 10.1080/0144929X.2019.1680731.
- [38] R. Bodily, T. K. Ikahihifo, B. Mackley, and C. R. Graham, “The design, development, and implementation of student-facing learning analytics dashboards,” *J Comput High Educ*, vol. 30, no. 3, pp. 572–598, Dec. 2018, doi: 10.1007/s12528-018-9186-0.
- [39] H. Khosravi, S. Shabaninejad, A. Bakharia, S. Sadiq, M. Indulska, and D. Gašević, “Intelligent Learning Analytics Dashboards: Automated Drill-Down Recommendations to Support Teacher Data Exploration,” *Journal of Learning Analytics*, vol. 8, no. 3, pp. 133–154, Nov. 2021, doi: 10.18608/jla.2021.7279.
- [40] Y. Alisan and F. Serin, “A Computer Assisted Decision Support System for Education Planning,” *Int J Inf Technol Decis Mak*, vol. 20, no. 05, pp. 1383–1407, Sep. 2021, doi: 10.1142/S021962202150036X.
- [41] Robayo Lazo Galo Xavier, “Los sistemas de soporte a las decisiones y su efecto en la evaluación de la calidad educativa en la unidad Indoamérica de la ciudad de Ambato,” *Universidad Regional Autónoma De Los Andes*, 2019.
- [42] L. A. Acosta, F. A. Becerra, and Y. D. Jaramillo, “Sistema de información estratégica para la gestión universitaria en la universidad de otavalo (ecuador),” *Formacion Universitaria*, vol. 10, no. 2, pp. 103–112, 2017, doi: 10.4067/S0718-50062017000200011.

- [43] Córdova Viera Yaquelin, Martínez Borrego Jennifer, and Córdova Viera Elizabet, “Propuesta de metodología para el diseño de dashboard,” *Revista cubana de transformación digital*, vol. 3, pp. 56–57, 2021.
- [44] W. Castillo-Rojas, F. M. Quispe, and F. F. Molina, “A methodology for data warehousing processes based on experience,” *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, no. 26, pp. 83–103, 2018, doi: 10.17013/risti.26.83-103.
- [45] W. Boulila, M. Al-kmal, M. Farid, and H. Mugahed, “A business intelligence based solution to support academic affairs: case of Taibah University,” *Wireless Networks*, vol. 29, no. 3, pp. 1051–1058, Apr. 2023, doi: 10.1007/s11276-018-1880-3.
- [46] A. Rabelo, M. W. Rodrigues, C. Nobre, S. Isotani, and L. Zárte, “Educational data mining and learning analytics: a review of educational management in e-learning,” *Inf Discov Deliv*, Jul. 2023, doi: 10.1108/IDD-10-2022-0099.
- [47] CACES, “Política de Evaluación Institucional de Universidades y Escuelas Politécnicas en el marco del Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior,” *Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, Quito, Políticas de calidad*, 2018.
- [48] A. K. Tewari, A. S. Kushwaha, and A. K. Bansal, “Approach to Identify KPAs and KPIs for Higher Education Institutions,” in *Proceedings - 4th International Conference on Computing Sciences, ICCS 2018*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jul. 2018, pp. 213–217. doi: 10.1109/ICCS.2018.00043.
- [49] E. Salas L, “Inteligencia de negocios para la gestión universitaria.,” *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 2018, [Online]. Available: <https://www.eumed.net/rev/atlante/2018/04/negocios-gestion-universitaria.html>
- [50] M. P. Pantoja-Aguilar, “Indicators of academic performance as predictors of financial-resource raising,” *Convergencia*, vol. 26, no. 79, Feb. 2019, doi: 10.29101/crcs.v0i79.9222.
- [51] Angular, “Architecture,” 2023. Accessed: Jan. 13, 2024. [Online]. Available: <https://angular.io/guide/architecture>

- [52] The GraphQL Foundation, “A query language for your API.” Accessed: Jan. 13, 2024. [Online]. Available: <https://graphql.org/>
- [53] TypeScript, “TypeScript: JavaScript With Syntax For Types.” Accessed: Jan. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.typescriptlang.org/>
- [54] Visual Studio Code, “Visual Studio Code - Code Editing. Redefined.” Accessed: Jan. 13, 2024. [Online]. Available: <https://code.visualstudio.com/>
- [55] M. Callejas-Cuervo, A. C. Alarcón-Aldana, and A. M. Álvarez-Carreño, “Modelos de calidad del software, un estado del arte,” *ENTRAMADO*, vol. 13, no. 1, pp. 236–250, 2017, doi: 10.18041/entramado.2017v13n1.25125.
- [56] Piñero González Maidelyn, Marin Diaz Aymara, Trujillo Casañola Yaimí, and Buedo Hidalgo Denys, “Buenas prácticas para prevenir los riesgos de la eficiencia del desempeño en los productos d software 2021,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 15, pp. 89–113, 2021.
- [57] E. Esther and G. Echenique, *Metodología de la Investigación*, 1st ed. Huancayo: Universidad Con- tinental, 2017. [Online]. Available: <http://www.continental.edu.pe/>
- [58] H. White and S. Sabarwal, “Diseño y métodos cuasiexperimentales, Síntesis metodológicas: evaluación de impacto n.º 8, Centro de Investigaciones de UNICEF,” Florencia, Sep. 2014. [Online]. Available: [www.unicef-irc.org](http://www.unicef-irc.org)
- [59] S. Clara oct-dic, L. Alberto Del Sol Fabregat, E. Tejeda Castañeda, and J. Miguel Mirabal Díaz, “Los métodos teóricos: una necesidad de conocimiento en la investigación científico-pedagógica Theoretical methods: a need for knowledge in scientific-pedagogical research,” *EDUMECENTRO*, vol. 9, no. 4, pp. 250–253, 2017, [Online]. Available: <http://www.revedumecentro.sld.cu250>
- [60] A. Rodríguez Jiménez and A. O. Pérez Jacinto, “Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento,” *Revista Escuela de Administración de Negocios*, no. 82, pp. 175–195, Jul. 2017, doi: 10.21158/01208160.n82.2017.1647.

- [61] F. A. Sánchez Flores, “Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos,” *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, pp. 101–122, Apr. 2019, doi: 10.19083/ridu.2019.644.
- [62] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, D. María del Pilar Baptista Lucio, and S. Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, *Metodología de la Investigación*, 6th ed. Mexico D.F: Mc Graw Hill Education, 2014.
- [63] L. Beurer-Kellner, J. Von Pilgrim, C. Tsigkanos, and T. Kehrer, “A Transformational Approach to Managing Data Model Evolution of Web Services,” *IEEE Trans Serv Comput*, pp. 1–1, 2022, doi: 10.1109/TSC.2022.3144613.
- [64] R. Quimbia Loyo, “Modelo de Inteligencia De Negocios (BI), para el manejo de Indicadores clave de desempeño (Kpi) en ventas para la toma de decisiones en los retails de Farmacias de la Empresa Farmaenlace Cía. Ltda.,” Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2017. [Online]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7693/1/PG%20577%20TESIS.pdf>
- [65] CACES, “Modelo de Evaluación Externa de Universidades y Escuelas Politécnicas 2019,” Quito, 2019.
- [66] Google, “Lighthouse.” Accessed: Jan. 30, 2024. [Online]. Available: <https://chromewebstore.google.com/detail/lighthouse/blipmdconlkinpinefehnmjammfjppmbjk>
- [67] Catchpoint, “Catchpoint Platform.” Accessed: Jan. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.webpagetest.org/>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema, objeto y campo	Objetivo	Marco Teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema:</b></p> <p>¿Cómo implementar un sistema de soporte de decisiones para los mandos tácticos y estratégicos basado en indicadores clave de desempeño en la gestión académica de la Universidad Técnica de Machala?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>- Implementar un sistema de soporte de decisiones basado en indicadores clave de desempeño de gestión académica en la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), aplicando Inteligencia de negocios, para la presentación oportuna y satisfactoria de la información académica de interés, dirigido a los mandos tácticos y estratégicos de la institución.</p>	<p><b>Antecedentes históricos a nivel internacional y nacional del objeto, campo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Consejo de Educación Superior CES</li> <li>- Modelo de Evaluación de Carreras CACES</li> <li>- Impacto de las TICS en la gestión académica</li> <li>- Aplicación de un Dashboard en la gestión académica</li> <li>-Evolución de los Sistemas de soporte de decisiones</li> <li>-KPIs</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>- La implementación de un DSS basado en KPIs de gestión académica de la UTMACH permitirá la presentación oportuna y satisfactoria de la información académica de interés para apoyar las decisiones de los mandos tácticos y estratégicos de la institución.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>- Implementación de un DSS basado en KPIs de gestión académica en la UTMACH</p>	<p><b>Enfoque:</b></p> <p>- Cuantitativo</p> <p><b>Alcance:</b></p> <p>- Descriptiva Correlacional</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>- Cuasi Experimental</p> <p><b>Unidades de análisis:</b></p> <p>- Población de 49 personas</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>- Población total</p>

<p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cómo obtener información histórica relevante y útil para el diseño y construcción de un DSS?</li> <li>- ¿Cuáles son los indicadores claves de desempeño para la gestión académica?</li> <li>- ¿Qué tecnologías o plataformas son adecuadas para implementar un DSS en la UTMACH?</li> <li>- ¿Cómo diseñar un dashboard o cuadro de mando intuitivo basado en KPIs que brinde una clara visualización para los mandos tácticos y estratégicos?</li> <li>- ¿Cómo determinar la calidad del sistema de soporte de decisiones?</li> </ul>	<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar una búsqueda bibliográfica exhaustiva de fuentes científicas, artículos, libros y documentos relevantes para el desarrollo del DSS.</li> <li>- Seleccionar la metodología y tecnologías más adecuadas para implementar el sistema de soporte de decisiones en la UTMACH, asegurando su integración con los sistemas existentes.</li> <li>- Identificar los indicadores clave de desempeño (KPIs) esenciales de gestión académica en la UTMACH, basándose en las mejores prácticas del sector educativo.</li> <li>- Diseñar un tablero de control intuitivo que brinde una clara visualización de los indicadores clave de desempeño para los mandos tácticos y estratégicos de la UTMACH, asegurando su facilidad de uso y la accesibilidad de la información</li> <li>- Evaluar la calidad del sistema de soporte de decisiones mediante pruebas de rendimiento y la retroalimentación de los usuarios, realizando ajustes y mejoras necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y aceptación.</li> </ul>	<p><b>Fundamentos Teóricos de objeto, campo y variables:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de datos</li> <li>- Inteligencia de negocios</li> <li>- Sistema de soporte de decisiones</li> <li>- Indicadores clave de desempleo en la gestión académica</li> <li>- Norma ISO/IEC 9126</li> <li>- Eficiencia de desempeño</li> </ul>		<p><b>Dimensiones o categorías:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramientas de desarrollo</li> <li>- Metodología</li> </ul> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Presentación oportuna y satisfactoria de la información académica de interés para apoyar las decisiones de los mandos tácticos y estratégicos de la institución</p> <p><b>Dimensiones o categorías:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendimiento y calidad del sistema</li> <li>- Aceptación</li> </ul>	<p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrevista, encuesta y observación</li> </ul> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estadística descriptiva e inferencial</li> <li>- Inteligencia de negocios</li> </ul>
<p><b>Objeto de estudio:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KPIs de gestión académica en la UTMACH</li> </ul> <p><b>Campo de Acción:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inteligencia de negocios aplicada a la gestión académica</li> </ul>					

## **Anexo 2: Instrumento de recopilación de datos (entrevista)**

### **ENTREVISTA**

1. ¿Cuáles son las principales responsabilidades y objetivos en su rol dentro de la universidad?
2. ¿Qué tipo de información considera relevante para la toma de decisiones en su área de responsabilidad?
3. ¿Qué dificultades ha enfrentado al acceder a los datos e indicadores clave de desempeño necesarios para su gestión?
4. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta al evaluar el rendimiento académico en su unidad o facultad?
5. ¿Qué factores considera más importantes para medir el éxito académico en su área de gestión?
6. ¿Qué herramientas o sistemas utiliza actualmente para obtener y analizar datos relacionados con la gestión académica?
7. ¿Qué información le gustaría recibir de manera más rápida y precisa para mejorar su toma de decisiones?
8. ¿Qué indicadores considera fundamentales para medir la eficiencia y calidad académica en su área?
9. ¿Cómo evalúa la efectividad de las estrategias y acciones implementadas para mejorar el rendimiento académico?
10. ¿Qué datos considera esenciales para el análisis y seguimiento del desempeño de los docentes y estudiantes en su unidad académica?
11. ¿Cómo visualiza la implementación de un sistema de soporte de decisiones para la gestión académica en su área de responsabilidad?
12. ¿Qué ventajas espera obtener de la implementación de un DSS en la toma de decisiones estratégicas y tácticas?
13. ¿Qué funcionalidades considera cruciales para el diseño del dashboard que permita visualizar los KPI de gestión académica de manera efectiva?
14. ¿Cómo considera que la ciencia de datos y la inteligencia de negocios pueden aportar en la mejora de la gestión académica?

### Anexo 3: Encuesta de calidad según la norma ISO/IEC 9126



#### Encuesta dirigida a expertos

La norma ISO/IEC 9126 establece criterios y métricas específicas para evaluar la calidad del software en términos de funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. La valoración se realiza en una escala de 1 a 5, según la escala de Likert: deficiente, regular, bueno, muy bueno y excelente, respectivamente.

1. ¿Cuál es la denominación de tu puesto de trabajo? \*

- Directora de TIC
- Coordinador de la carrera de tecnologías de la información
- Tutor Especialista 1
- Co-tutor
- Especialista 2
- Especialista 3
- Otro

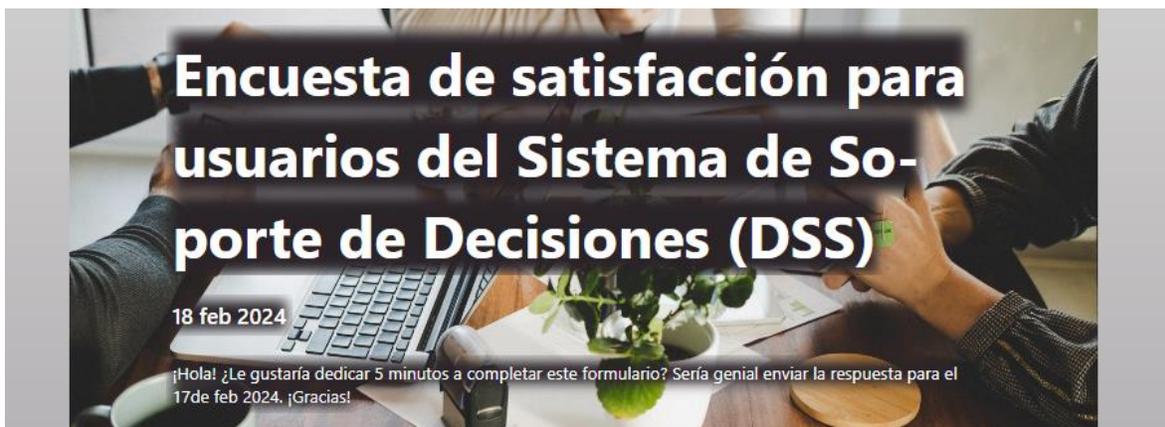
2. Califica tu satisfacción con nuestro producto en cada uno de los siguientes aspectos.

	Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
¿El sistema responde rápidamente a las consultas?	<input type="radio"/>				
¿El sistema protege adecuadamente la información?	<input type="radio"/>				
¿El DSS es compatible con diferentes navegadores?	<input type="radio"/>				
¿Los resultados proporcionados son precisos?	<input type="radio"/>				
¿El sistema está disponible cuando se necesita?	<input type="radio"/>				
¿El sistema maneja situaciones de fallo?	<input type="radio"/>				
¿El DSS es capaz de recuperar datos en caso de fallos?	<input type="radio"/>				
¿Es fácil para los usuarios aprender a usar el sistema?	<input type="radio"/>				
¿Se logran realizar tareas con rapidez?	<input type="radio"/>				
¿Está satisfecho con la experiencia general?	<input type="radio"/>				
¿El DSS utiliza eficientemente los recursos del sistema en el cliente?	<input type="radio"/>				
¿El tiempo de respuesta del sistema es aceptable?	<input type="radio"/>				
¿Es fácil agregar o modificar más componentes en el sistema?	<input type="radio"/>				
¿Es fácil identificar y corregir errores en el sistema?	<input type="radio"/>				
¿El DSS se puede adaptar fácilmente a diferentes dispositivos?	<input type="radio"/>				
¿Es compatible con otros módulos del Siutmach?	<input type="radio"/>				

3. ¿Tiene alguna sugerencia de mejora para el DSS?

Escriba su respuesta

## Anexo 4: Encuesta de satisfacción de usuarios del DSS



### Encuesta de satisfacción a los usuarios

La valoración se realiza en una escala de 1 a 5, donde 1 es "nada satisfecho", 2 es "un poco satisfecho", 3 es "satisfecho", 4 es "muy satisfecho" y 5 es "Totalmente satisfecho".

1. ¿Cuál es la denominación de tu puesto de trabajo? \*

- Autoridad principal (Rector y Vicerrectores)
- Autoridad de facultades (Decanos y Subdecanos)
- Director departamental
- Coordinador de carrera
- Otras

2. Califica tu satisfacción con nuestro producto en cada uno de los siguientes aspectos. **¿Qué tan satisfecho está con: \***

	Satisfecho	Muy satisfecho	Totalmente satisfecho
La facilidad de uso de la interfaz?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La intuitivita de las funciones del sistema?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La navegación y el acceso?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La ayuda que proporcionará el DSS en la toma de decisiones?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La adecuación de los KPIs a su rol específico?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La relevancia de la información en los paneles de control?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La velocidad de carga y respuesta del DSS?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La eficiencia y rapidez en el rendimiento del DSS?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El rendimiento del DSS?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La estética y diseño visual de los paneles de control del DSS?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La presentación visual de la información en el DSS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. ¿Cuál es su nivel de satisfacción general con el DSS?

Nada satisfecho      Totalmente satisfecho

4. ¿Con qué probabilidad recomendarías nuestro DSS a un compañero de trabajo?

Nada probable      Muy probable

5. ¿Tiene alguna sugerencia de mejora para el DSS?

Escriba su respuesta