



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE SOFTWARE

**PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE
RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS**

PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN SOFTWARE

AUTOR(A):

Diego Xavier Córdova Reyes




Ximena del Carmen Sánchez Reyes

TUTOR:

ING. ANGEL EDUARDO CUENCA ORTEGA, PH.D

GUAYAQUIL – ECUADOR

2025

  		
REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS		
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		
TÍTULO: <i>“Prototipo de portal web inteligente para un sistema de recomendación de licitaciones públicas”</i>		
AUTOR(ES): Diego Xavier Córdova Reyes Ximena del Carmen Sánchez Reyes	REVISOR(A): Ing. Miguel Botto Tobar, M. Sc.	
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	FACULTAD: Ciencias Matemáticas y Físicas	
CARRERA: Software		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Nº DE PÁGS.: 999	
ÁREA TEMÁTICA: <i>Investigación de Software</i>		
PALABRAS CLAVES: <i>Licitaciones públicas, Sistema de recomendación, inteligencia artificial, Explicabilidad (XAI), Portal web inteligente .</i>		
RESUMEN: <i>(Colocar el mismo resumen y palabras clave colocados en la sección del trabajo de integración curricular que corresponde a “RESUMEN”)</i>		
Nº DE REGISTRO:	Nº DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL: (PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN LA WEB)		
ADJUNTO PDF	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR(ES): Diego Xavier Córdova Reyes Ximena del Carmen Sánchez Reyes	Teléfono: 0995016632 0963189552	Email: diego.cordovar@ug.edu.ec ximena.sanchezr@ug.edu.ec
CONTACTO DE LA INSTITUCIÓN	Nombre: Ab. Juan Chávez Atocha	
	Teléfono: 2307729	
	Email: juan.chaveza@ug.edu.ec	

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Trabajo de Integración Curricular, “Prototipo de portal web inteligente para un sistema de recomendación de licitaciones públicas” elaborado por el(la) Sr. (Srta.) Diego Xavier Córdova Reyes y Ximena del Carmen Sánchez Reyes, **estudiante no titulado(a)** de la Carrera de Software, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, previo a la obtención del Título de Ingeniero(a) en Software, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la **apruebo** en todas sus partes.

Atentamente,

Ing. Angel Eduardo Cuenca Ortega, Ph.D.

TUTOR

DEDICATORIA

A mi madre, Silvia Córdova, que ha sido madre y padre, sostén y guía en cada paso; a mi padrastro Alejandro Jaramillo, por sus sabios consejos que siempre llegaron en el momento justo; a mi abuela Juana Reyes, que fue más que una madre, una fortaleza inquebrantable, nunca faltaron sus oraciones; y a mi abuelo, que ya descansa en paz, pero cuya inspiración me impulsó a alcanzar esta meta. A ellos les dedico este trabajo, con el orgullo de apuntar a ser el primer Ingeniero de nuestra familia, como testimonio de que sus esfuerzos, amor y enseñanzas han dado fruto.

Diego Xavier Córdova Reyes

Dedico este proyecto con profundo amor y gratitud a mi familia, en especial a mis padres, y pareja por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento las cuales fueron de inspiración a lo largo de este camino.

Ximena del Carmen Sanchez Reyes

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente al Ing. Ángel Cuenca, mi tutor, por su orientación y paciencia durante este proceso; a mis compañeros Ximena Sánchez y Johanán Natanael, por su colaboración y apoyo constante. A mi madre Silvia y mi abuela Juana, por ser mi refugio emocional; a mi hermano Bryan Jaramillo, por su alegría que siempre me animó; y a Eva Anchundia, por su cariño y compañía en los momentos más difíciles. Cada uno de ustedes ha sido parte esencial de este logro, y este trabajo lleva un pedazo de su esfuerzo, fe y amor.

Diego Xavier Córdova Reyes

Agradezco a mis docentes y tutores por su guía constante, y dedicación, que me brindaron los conocimientos y herramientas necesarias para alcanzar esta meta. Asimismo, a mi compañero Diego Córdova por su apoyo, recursos y espacios de aprendizaje, contribuyendo significativamente al desarrollo y culminación de este trabajo.

Ximena del Carmen Sanchez Reyes

TRIBUNAL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ing. Douglas Iturburu Salvador, M. Sc.
DECANO DE LA FACULTAD
CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

Ing. Lorenzo Cevallos Torres, M. Sc.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
SOFTWARE


Ing. Ángel Eduardo Cuenca Ortega, Ph.D.
DOCENTE TUTOR(A) DEL PROYECTO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ing. Miguel Botto Tobar, M. Sc.
DOCENTE REVISOR(A) DEL
PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

Ab. Juan Chávez Atocha, Esp.
SECRETARIO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Integración Curricular, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”.

A handwritten signature in black ink, reading "Diego Cordova", with a horizontal line underneath.

DIEGO XAVIER CORDOVA REYES

A handwritten signature in blue ink, reading "Ximena del Carmen Sanchez Reyes", with a horizontal line underneath.

XIMENA DEL CARMEN SANCHEZ REYES



CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero

Douglas Iturburu Salvador, M. Sc.

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

Presente.

A través de este medio indico a usted que procedo a realizar la entrega de la cesión de derechos de autor en forma libre y voluntaria del trabajo de integración curricular “**Prototipo de portal web inteligente para un sistema de recomendación de licitaciones públicas**”, realizado como requisito previo para la obtención del Título de Ingeniero(a) en Software de la Universidad de Guayaquil.

Guayaquil, agosto de 2025.

A handwritten signature in black ink, reading 'Diego Córdova', is written over a horizontal line.

Diego Xavier Córdova Reyes
C.I. N° 0954729240

A handwritten signature in blue ink, reading 'Ximena del Carmen Sanchez Reyes', is written over a horizontal line.

Ximena del Carmen Sanchez Reyes
C.I. N° 0952697738



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE SOFTWARE

**PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE
LICITACIONES PÚBLICAS**

Proyecto de Integración Curricular que se presenta como requisito para optar por el título de INGENIERO(A)
EN SOFTWARE

Autor(a)(es): Diego Xavier Córdova Reyes

C.I. N° 0954729240

Ximena del Carmen Sánchez Reyes

C.I. N° 0952697738

Tutor(a): Ing. Ángel Eduardo Cuenca Ortega, Ph.D.

Guayaquil, agosto de 2025.

CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Integración Curricular, nombrado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

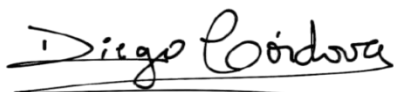
CERTIFICO:

Que he analizado el Proyecto de Integración Curricular presentado por el/la/los estudiantes(s) **DIEGO XAVIER CÓRDOVA REYES, XIMENA DEL CARMEN SÁNCHEZ REYES**, como requisito previo para optar por el Título de Ingeniero(a) en Software cuyo proyecto es:

PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS

Considero aprobado el trabajo en su totalidad.

Presentado por:



Diego Xavier Córdova Reyes

N° 0954729240

Cédula de identidad



Ximena del Carmen Sánchez Reyes

N° 0952697738

Cédula de identidad

Tutor(a): _____

Firma

Guayaquil, agosto de 2025



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE SOFTWARE

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN FORMATO DIGITAL

1. Identificación del Proyecto de Integración Curricular

Nombre del Estudiante: Diego Xavier Córdova Reyes	
Dirección: Coop. Jambeli Mz2j Solar#4	
Teléfono: 0995016632	Email: diego.cordovar@ug.edu.ec

Nombre del Estudiante: Ximena del Carmen Sánchez Reyes	
Dirección: Duran, Cdla. Los Geranios	
Teléfono: 0963189552	Email: ximena.sanchezr@ug.edu.ec

Facultad: Ciencias Matemáticas y Físicas
Carrera: Software
Proyecto de Integración Curricular al que opta:
Docente Tutor: Ing. Ángel Eduardo Cuenca Ortega, Ph.D.

Título del Proyecto de Integración Curricular: Prototipo de portal web inteligente para un sistema de recomendación de licitaciones públicas.
--

Palabras Claves: <i>Licitaciones públicas, Sistema de recomendación, inteligencia artificial, Explicabilidad (XAI), Portal web inteligente.</i>
--

2. Autorización de Publicación de Versión Electrónica del Proyecto de Integración Curricular

A través de este medio autorizo a la Biblioteca de la Universidad de Guayaquil y a la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas a publicar la versión electrónica de este Proyecto de Integración Curricular.

Publicación Electrónica:

Inmediata	X	Después de 1 año	
-----------	----------	------------------	--

Firma Estudiante:



 Diego Xavier Córdova Reyes.

N° 0954729240

 Cédula de identidad



 Ximena del Carmen Sánchez Reyes

N° 0952697738

 Cédula de identidad

3. Forma de envío:

El texto del Proyecto de Integración Curricular debe ser enviado en formato Word, como archivo .docx, .RTF o. Puf para PC. Las imágenes que la acompañen pueden ser: .gif, .jpg o .TIFF.

DVDROM ☐CDROM ☐

ÍNDICE GENERAL

FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	2
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TRIBUNAL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	6
DECLARACIÓN EXPRESA.....	7
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	8
CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	10
AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN FORMATO DIGITAL	11
ÍNDICE GENERAL	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	18
ÍNDICE DE FIGURAS.....	20
ABREVIATURAS.....	21
RESUMEN.....	22
ABSTRACT.....	23
INTRODUCCIÓN	24
CAPÍTULO I.....	26
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26

	13
Descripción de la situación problemática	26
Ubicación del problema en un contexto.....	26
Situación conflicto nudos críticos	27
Delimitación del problema.....	27
Evaluación del Problema	28
Causas y consecuencias del problema	30
Formulación del problema	31
Objetivos del proyecto	31
Objetivo general.....	31
Objetivos específicos	31
Alcance del proyecto	32
Justificación e importancia	33
Limitaciones del estudio	35
CAPÍTULO II	36
MARCO TEÓRICO	36
Antecedentes del estudio.....	36
Fundamentación teórica.....	38
Licitaciones públicas.....	38
Fuente de datos de los TED	38
Problemas en las licitaciones públicas en Europa.....	40
Modelos de Machine Learning	41

	14
LIME.....	42
XAI	43
Importancia de la XAI en la contratación pública	45
Plataforma web inteligente	47
Aplicación de Microservicio.....	47
Lenguajes de Programación.....	48
Herramientas de Desarrollo de software.....	50
Python	50
Flask.....	51
JavaScript.....	51
JSON.....	52
Visual Studio Code	52
HTML	53
CSS	54
Evaluación interna de los modelos Random Forest y Gradient Boosting	54
Revisiones sistemáticas	55
Meta-análisis	59
Síntesis y brecha de investigación	62
Hipótesis / Preguntas científicas por contestarse	62
Variables de la investigación.....	62
Definiciones conceptuales.....	63

CAPÍTULO III.....	66
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	66
Tipo de investigación	67
Diseño metodológico de la investigación	68
Requerimientos	71
Arquitectura del prototipo	80
<i>Formulario</i>	80
<i>API Flask</i>	82
<i>Modelo</i>	83
Ejecución de Plan de Pruebas.	86
Reporte de Pruebas de Carga – Apache JMeter.....	88
Beneficiarios directos e indirectos del proyecto	92
Entregables del proyecto	92
Propuesta	93
Criterios de Validación de la Propuesta	94
Resultados.....	98
CAPÍTULO IV	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
Conclusiones	100
Recomendaciones	102
Trabajos futuros.....	103

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXOS.....	106
Anexo 1. Planificación de actividades del proyecto	106
Anexo 2. Geolocalización del problema.....	107
Anexo 3. Fundamentación Legal	108
Anexo 4. Rubrica de Evaluación Docente Revisor.....	111
Anexo 5. Criterios éticos para utilizarse en el desarrollo del proyecto	112
Anexo 6. Certificado Porcentaje de Similitud.....	113
Anexo 7. Validación de expertos.	114
.....	115
Anexo 7. Acta de entrega y recepción definitiva.....	116
Anexo 8. Acta de entrega y recepción definitiva	121
Anexo 8. Manual técnico	123
Introducción	126
Objetivo General.....	126
Objetivos Específicos	126
1. Descripción General del Sistema	127
2. Estructura del Proyecto	127
3. Configuración e Instalación	127
4. Modelo de Sugerencia.....	128
5. Explicabilidad con LIME.....	128

	17
6. Interfaz de Usuario.....	129
7. Casos de Prueba	129
8. Mejoras Futuras	130
9. Funcionamiento General del Sistema	131
Resultados.....	131
Análisis.....	131
Anexo 9. Manual de usuario	132
Introducción	3
1. Llenado del Formulario.....	3
2. Obtención de la Sugerencia	5
3. Interpretación de Resultados.....	5
6. Flujo Funcional del Sistema.....	8
7. Errores Comunes y Soluciones	9
8. Funcionamiento General del Sistema	9
Resultados.....	10
Análisis.....	10
Anexo 10. Artículo científico	11
Anexo 11. Plan de Prueba.....	8

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	28
TABLA 2 MATRIZ DE CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA.	30
TABLA 3 METODOLOGÍAS, TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN EL PROYECTO.....	69
TABLA 4 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	71
TABLA 5 CONEXIÓN CON EL MODELO DE RECOMENDACIÓN	71
TABLA 6 SUGERENCIA DE DURACIÓN DE CONTRATO	72
TABLA 7 SELECCIÓN DE ALGORITMO.....	72
TABLA 8 PROCESAMIENTO DE 17 MEJORES CARACTERÍSTICAS	72
TABLA 9 INTERVALOS DE DURACIÓN EN MESES.....	73
TABLA 10 PORCENTAJE DE CONFIANZA	73
TABLA 11 EXPLICACIONES LIME.....	73
TABLA 12 VISUALIZACIÓN DE PROBABILIDADES POR CLASE	74
TABLA 13 CONVERSIÓN DE MESES A DÍAS	74
TABLA 14 CONVERSIÓN DE MESES A AÑOS	74
TABLA 15 MÚLTIPLES ALTERNATIVAS DE DURACIÓN	75
TABLA 16 VALIDACIÓN DE CAMPOS REQUERIDOS	75
TABLA 17 MAPEO AUTOMÁTICO ENTRE FRONTEND Y BACKEND.....	75
TABLA 18 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	76
TABLA 19 TIEMPO DE RESPUESTA DE PREDICCIÓN	77
TABLA 20 PROCESAMIENTO EFICIENTE DE LIME PARA EXPLICABILIDAD.....	77
TABLA 21 VALIDACIÓN DE ENTRADA PARA PREVENIR ERRORES.....	77
TABLA 22 INTERFAZ WEB ACCESIBLE DESDE NAVEGADORES MODERNOS	77

TABLA 23 MENSAJES DE ERROR CLAROS E INFORMATIVOS.....	78
TABLA 24 FORMULARIOS INTUITIVOS PARA ENTRADA DE DATOS	78
TABLA 25 ARQUITECTURA REST PARA MÚLTIPLES CLIENTES	78
TABLA 26 MODELOS ML INTERCAMBIABLES SIN CAMBIAR LÓGICA	78
TABLA 27 SOPORTE PARA MÚLTIPLES TIPOS DE CONTRATOS	78
TABLA 28 API JSON ESTÁNDAR PARA INTEGRACIÓN EXTERNA	78
TABLA 29 VALIDACIÓN DE COHERENCIA EN FECHAS Y DURACIONES.....	79
TABLA 30 MANEJO ROBUSTO DE VALORES NULOS O INCOMPLETOS.....	79
TABLA 31 NORMALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE FORMATOS DE ENTRADA	79
TABLA 32 MEJORES CARACTERÍSTICAS SELECCIONADAS	82
TABLA 33 PRUEBAS FUNCIONALES MANUALES.....	87
TABLA 34 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARGA.....	89
TABLA 35 ENTREGABLES DEL PROYECTO DETALLADO.....	92
TABLA 36 CRITERIOS DE VALIDACIÓN PARA JUICIOS DE EXPERTOS	94
TABLA 37 EXPERTOS QUE REALIZARON LA EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO WEB.....	95
TABLA 38 CUESTIONARIO DE VALIDACIÓN PARA JUICIOS DE EXPERTOS.....	96
TABLA 39 TABULACIÓN DE RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DE JUICIO DE EXPERTOS.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 COMPARACIÓN DE LOS MODELOS DE CAJA BLANCA, CAJA GRIS Y CAJA NEGRA.	44
FIGURA 2 ARQUITECTURA DE MICROSERVICIO	48
FIGURA 3 ARQUITECTURA DEL PROTOTIPO.	80
FIGURA 4 FORMULARIO DE INGRESO DE PREFERENCIAS Y VISUALIZACIÓN DE SUGERENCIAS.....	81
FIGURA 5 DIAGRAMA DE ACTIVIDAD DEL FLUJO RESUMIDO DEL SISTEMA.....	85
FIGURA 6 RESPUESTA DEL MODELO.....	87
FIGURA 7 SOLICITUD AL MODELO DE IA	89
FIGURA 8 VISUALIZACIÓN DE SUGERENCIA.....	91
FIGURA 9 VISUALIZACIÓN DEL PROTOTIPO	93
FIGURA 10 PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO.....	106
FIGURA 11 SITUADO EN EL ESTADO EUROPEO	107

ABREVIATURAS

ABP	Aprendizaje Basado en Problemas
CC.MM.FF	Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
CVP	Costo por visualización
IA	Inteligencia Artificial
Ing.	Ingeniero
LIME	Local Interpretable Model-Agnostic Explanations
ML	Machine Learning
NLP	Procesamiento de Lenguaje Natural
Ph.D.	Doctor of Philosophy
PYME	Microempresas, Pequeñas y Medianas Empresas
REST	Representational State Transfer (transferencia de estado representacional)
SHAP	Shapley Additive explanations values
TP	True Positive (verdadero positivo)
TED	Tenders Electronic Daily (Licitaciones electrónicas Diarias)
UE	Unión Europea
UG	Universidad de Guayaquil
XAI	Inteligencia Artificial Explicable



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE SOFTWARE

PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS

Autor(a)(es): Diego Xavier Córdova Reyes
C.I. N° 0954729240
Ximena Del Carmen Sánchez Reyes
C.I. N° 0952697738

Tutor(a): Ing. Ángel Eduardo Cuenca Ortega, Ph.D.

RESUMEN

Los procesos de licitación pública representan una oportunidad esencial para empresas y profesionales que buscan participar en contrataciones gubernamentales. Sin embargo, la identificación de licitaciones adecuadas a los perfiles de los postulantes sigue siendo un desafío debido a la gran cantidad de convocatorias publicadas en diferentes plataformas y la falta de herramientas eficientes que automaticen la búsqueda y recomendación de oportunidades relevantes. Esto genera una inversión considerable de tiempo y recursos en la revisión manual de las ofertas, lo que puede resultar en la pérdida de oportunidades estratégicas para las empresas. A pesar de los avances tecnológicos en inteligencia artificial y sistemas de recomendación, muchas plataformas de licitaciones aún carecen de funcionalidades avanzadas que permitan filtrar y sugerir licitaciones de manera precisa y personalizada. Actualmente, los métodos tradicionales de búsqueda se basan en palabras clave o categorías generales, lo que puede generar resultados poco relevantes o excesivos, dificultando la toma de decisiones informadas. Como consecuencia, las empresas y profesionales interesados en participar en licitaciones enfrentan barreras para acceder a información realmente útil, lo que impacta negativamente en su competitividad y capacidad de respuesta. Se propone el desarrollo de un prototipo de portal web inteligente para un sistema de recomendación de licitaciones públicas. Este sistema integrará técnicas de inteligencia artificial explicable (XAI) para mejorar la transparencia y confiabilidad de las recomendaciones, proporcionando a los usuarios una herramienta efectiva para identificar oportunidades de negocio de manera rápida y precisa. Con esta solución, se busca optimizar el acceso a la información de licitaciones y facilitar el proceso de selección, contribuyendo así a la mejora de la competitividad en el ámbito de las contrataciones públicas.

Palabras clave: *Licitaciones públicas, Sistema de recomendación, inteligencia artificial, Explicabilidad (XAI), Portal web inteligente.*



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE SOFTWARE**

PROTOTYPE OF AN INTELLIGENT WEB PORTAL FOR A PUBLIC PROCUREMENT RECOMMENDATION SYSTEM

Autor(a)(es): Diego Xavier Córdova Reyes
C.I. N° 0954729240
Ximena Del Carmen Sánchez Reyes
C.I. N° 0952697738

Tutor(a): Ing. Ángel Eduardo Cuenca Ortega, Ph.D.

ABSTRACT

Public procurement processes constitute a critical opportunity for companies and professionals aiming to engage in government contracting. Nevertheless, the identification of tenders aligned with the applicants' profiles remains a significant challenge due to the high volume of calls for proposals distributed across various platforms, combined with the absence of efficient tools capable of automating the search and recommendation of relevant opportunities. This situation leads to a considerable expenditure of time and resources on manual review, which may result in the loss of strategic business opportunities. Despite ongoing advances in artificial intelligence and recommendation systems, many current bidding platforms lack sophisticated functionalities that enable accurate, context-aware, and personalized tender suggestions. Conventional search methods continue to rely predominantly on keyword matching or broad category filters, often yielding excessive or irrelevant results and hindering informed decision-making. Consequently, organizations and professionals interested in participating in public tenders encounter significant barriers to accessing actionable and pertinent information, thereby diminishing their competitiveness and responsiveness within the procurement landscape. To address this issue, the development of a prototype for an intelligent web-based platform is proposed. This platform will incorporate explainable artificial intelligence (XAI) techniques to enhance the transparency, interpretability, and trustworthiness of the tender recommendation process. The proposed system aims to provide users with an effective and efficient tool for identifying suitable business opportunities, ultimately streamlining the selection process and contributing to improved competitiveness in public procurement.

Key words: Public tenders, Recommendation system, Artificial intelligence, Explainability (XAI), Intelligent web portal.

INTRODUCCIÓN

En la gestión de licitaciones públicas, las organizaciones enfrentan un reto constante: definir la duración óptima de los contratos y garantizar que todo el proceso se ejecute con la máxima precisión. Un solo descuido en el cumplimiento de los procedimientos formales puede derivar en retrasos, costos adicionales o incluso en la anulación del proceso.

Pese a los avances tecnológicos, muchas entidades todavía se enfrentan a una tarea compleja: revisar grandes volúmenes de licitaciones, evaluar la pertinencia de cada una y filtrar las que realmente cumplen con los objetivos estratégicos. Este trabajo manual no solo consume tiempo y recursos, sino que también limita la capacidad de respuesta y la eficiencia en la gestión de la contratación pública.

En este contexto, la tecnología, y en particular la Inteligencia Artificial Explicable (XAI, por sus siglas en inglés), se convierte en un aliado estratégico. Por ejemplo, en el trabajo desarrollado por (Muñoz Solorzano & Vargas Peñafiel, 2024), evaluó y comparó el rendimiento de los modelos Random Forest y Gradient Boosting apoyándose en técnicas XAI, para disminuir el tiempo de las adjudicaciones de las licitaciones y presentar los resultados mediante métricas de estadísticas descriptivas. Sin embargo, el sistema propuesto en dicha investigación estaba orientado principalmente a desarrolladores de software, ya que su interacción se realiza a través de una consola de comandos y no a través de una interfaz gráfica amigable para el usuario.

El presente estudio propone el desarrollo de un prototipo de portal web inteligente que se integre con el sistema de recomendación desarrollado por (Muñoz Solorzano & Vargas Peñafiel, 2024), capaz de sugerir licitaciones y, al mismo tiempo, justificar de forma clara, comprensible y visualmente intuitiva.

Con ello, las organizaciones podrán optimizar el tiempo de análisis, priorizar oportunidades estratégicas y reducir el riesgo de errores.

Más que una herramienta funcional, este trabajo busca sentar las bases para un modelo de gestión de licitaciones más ágil, transparente y fundamentado en datos. Un entorno donde las decisiones no dependan

únicamente de la experiencia individual, sino de un soporte tecnológico que combine precisión, explicaciones claras y una visión estratégica para la contratación pública.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: ´

En el capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, causas y consecuencias del proyecto, el alcance y limitaciones del estudio.

En el capítulo II se desarrollará el marco teórico de la investigación, en el cual se detallarán los fundamentos teóricos, revisiones sistemáticas, antecedentes y definiciones conceptuales.

En el capítulo III, se muestra la Metodología de la investigación, evaluando aspectos que determinen su viabilidad, así como la especificación y la metodología aplicada.

En el capítulo IV, se presentarán los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones, trabajos futuros, referencias bibliográficas y los anexos del proyecto de integración curricular.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Descripción de la situación problemática

Ubicación del problema en un contexto

En la actualidad, los sistemas inteligentes de recomendación aplicados a la contratación pública presentan limitaciones significativas, especialmente en su capacidad para sugerir de manera óptima la duración de las licitaciones considerando simultáneamente criterios técnicos, económicos y legales. En el contexto europeo, los procesos de licitación representan una vía estratégica para que empresas y profesionales accedan a contratos gubernamentales; sin embargo, el elevado volumen de convocatorias publicadas genera una sobrecarga de información que dificulta la identificación eficiente de oportunidades relevantes. Esta problemática repercute directamente en las organizaciones encargadas de gestionar dichos procesos, obligándolas a destinar mayores recursos humanos y financieros para el análisis y filtrado de licitaciones, lo que incrementa el tiempo de respuesta y eleva los costos operativos. Según la (Unión Europea, 2023), esta falta de mecanismos de filtrado inteligente y priorización estratégica reduce la eficacia del sistema de contratación pública, afectando su transparencia y competitividad.

Situación conflicto nudos críticos

El uso de los sistemas de recomendación en la contratación pública se ve obstaculizado por la ausencia de interfaces gráficas intuitivas y adaptadas a las necesidades de las entidades gubernamentales contratantes. Esta carencia no solo limita la capacidad de revisión y análisis de las licitaciones disponibles, sino que también reduce el alcance de evaluación estratégica, ocasionando que una parte significativa de las oportunidades publicadas no sea examinada. Como consecuencia, aumenta el riesgo de omisiones, errores de selección o adjudicaciones desfavorables, lo que puede derivar en pérdidas económicas y en la asignación ineficiente de recursos públicos. Este problema se mantiene vigente debido a que, pese a los avances en sistemas de gestión de información, persiste la brecha entre el volumen creciente de licitaciones y la capacidad operativa de las plataformas actuales para procesarlas de forma ágil y visualmente comprensible, situación evidenciada en (Unión Europea, 2023) sobre eficiencia y transparencia en la contratación pública.

Delimitación del problema

En el contexto de la contratación pública, la creciente cantidad de licitaciones y la necesidad de seleccionar las más adecuadas para adjudicación han generado un reto para las organizaciones. Este desafío radica en la ausencia de herramientas inteligentes que, integrando criterios técnicos, económicos y legales, optimicen la sugerencia del tiempo de licitación y mejoren el filtrado de oportunidades. La presente investigación se enmarca en el uso de tecnologías web y modelos de inteligencia artificial explicable para ofrecer soluciones innovadoras a esta problemática, mediante el desarrollo de un prototipo de portal web inteligente.

Tabla 1
Delimitación del problema

Delimitador	Descripción
Campo	Tecnología
Área	Desarrollo Web, Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos.
Aspecto	Sistemas de sugerencia aplicado a la contratación pública
Tema	Prototipo de portal web inteligente para un sistema de recomendación de licitaciones públicas.

Nota: En esta tabla se plantean los términos de análisis aplicados para la delimitación del problema conforme al contexto en donde se desarrolla la problemática. Elaborado por autores.

Evaluación del Problema

Los aspectos generales de evaluación son:

- **Delimitado:** Este proyecto se enmarca en el análisis y recomendación de la duración óptima para contratos de licitaciones públicas, utilizando como base datos históricos desde el año 2009 hasta el 2023. El estudio se centra en el contexto europeo, en el ámbito de la contratación pública, y está dirigido a organizaciones que publican licitaciones. La temporalidad y el alcance geográfico se encuentran claramente definidos, lo que permite establecer un marco de trabajo medible y específico.
- **Claro:** Este proyecto está formulado de manera precisa y comprensible: estimar la duración adecuada de un contrato de licitación pública considerando las características y criterios establecidos por el usuario. El lenguaje empleado es directo, evitando ambigüedades, y facilita la comprensión tanto para lectores técnicos como no técnicos.
- **Evidente:** Actualmente, la revisión manual de licitaciones implica un alto consumo de tiempo y recursos, especialmente para identificar oportunidades estratégicas. La implementación de un portal web inteligente que automatice y optimice esta tarea se

presenta como una necesidad evidente, sustentada en la falta de herramientas que integren análisis técnico, económico y legal en una sola plataforma.

- **Concreto:** Este trabajo aborda de manera directa y específica la sugerencia del tiempo de vigencia de contratos públicos mediante un sistema de recomendación. No se desvía hacia otras áreas de la contratación pública, manteniendo el foco en un solo aspecto que resulta crítico para la eficiencia del proceso.
- **Relevante:** La problemática tratada tiene un impacto significativo en la gestión de licitaciones públicas, ya que optimizar el tiempo de duración de los contratos puede mejorar la planificación y ejecución de proyectos estatales. Además, contribuye a la transparencia y eficiencia en la adjudicación de contratos, lo cual es de interés tanto para las entidades públicas como para la sociedad en general.
- **Original:** Plantea un enfoque innovador al aplicar técnicas de Inteligencia Artificial Explicable (XAI) para estimar y justificar la duración de contratos, algo poco explorado en el ámbito de las licitaciones públicas. La integración de criterios técnicos, económicos y legales en un sistema de recomendación añade un valor diferencial frente a herramientas tradicionales.
- **Contextual:** Que pertenece a la práctica social del contexto educativo, el modelo de negocio y proceso planteado reconoce la doble función del proyecto: como innovación tecnológica aplicada al mercado de licitaciones públicas y como instrumento pedagógico que aporta al proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior.
- **Factible:** La propuesta es viable considerando la disponibilidad de datos históricos de licitaciones públicas, el uso de software libre para el desarrollo del prototipo, y la capacidad técnica para integrar un modelo de recomendación con interfaz web. Además, el tiempo de

implementación estimado se ajusta al calendario del proyecto, lo que respalda su factibilidad operativa.

- **Identifica los productos esperados:** Prototipo funcional de portal web inteligente capaz de recomendar la duración óptima de licitaciones públicas y justificar cada sugerencia mediante XAI. Este producto tiene el potencial de ser escalado y adaptado para distintos países y contextos, aportando una solución tecnológica concreta al problema identificado.

➤ **Variables:**

- Independiente
 - Prototipo web inteligente con integración de XAI.
- Dependientes
 - Aplicabilidad, claridad y objetividad de las recomendaciones.

Causas y consecuencias del problema

Tabla 2

Matriz de causas y consecuencias del problema.

Causas	Consecuencias
C1. Ausencia de un sistema automatizado que recomiende la duración óptima de licitaciones.	E1. Mayor tiempo invertido por el personal para analizar y seleccionar oportunidades de adjudicación.
C2. Procesos manuales para filtrar y evaluar licitaciones.	E2. Incremento en la probabilidad de errores en la selección de contratos.
C3. Falta de una interfaz gráfica intuitiva para las entidades contratantes.	E3. Baja tasa de revisión de licitaciones y pérdida de oportunidades relevantes.
C4. Escasa integración de datos históricos de licitaciones en los sistemas actuales.	E4. Imposibilidad de generar análisis predictivos fiables para la toma de decisiones.
C5. Limitado uso de Inteligencia Artificial y técnicas de explicabilidad (XAI) en contratación pública.	E5. Dificultad para justificar las recomendaciones ante organismos de control y ciudadanía.

C6. Falta de capacitación del personal en el uso de herramientas tecnológicas para gestión de licitaciones.

C7. Infraestructura tecnológica desactualizada en algunas entidades públicas.

C8. Carencia de un flujo de trabajo estandarizado para el análisis de licitaciones.

C9. Uso de múltiples plataformas no integradas para la gestión de licitaciones.

C10. Escasa transparencia en el proceso de recomendación y análisis de licitaciones.

E6. Dependencia de métodos tradicionales y baja adopción de soluciones innovadoras.

E7. Lentitud en el procesamiento y visualización de información de licitaciones.

E8. Inconsistencias en los criterios de selección y adjudicación de contratos.

E9. Duplicación de esfuerzos y pérdida de información relevante.

E10. Desconfianza por parte de las organizaciones y posibles cuestionamientos públicos.

Nota: Causas y consecuencia por la falta de una interfaz que ayude con el uso del sistema de recomendaciones de licitaciones públicas. Elaborado por autores.

Formulación del problema

¿Cómo implementar un prototipo de portal web inteligente que permita optimizar la sugerencia de la duración de licitaciones públicas con criterios técnicos, económicos y legales en el mercado europeo?

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Desarrollar un prototipo de portal web inteligente de sugerencias utilizando herramientas de software libre y modelos de inteligencia artificial explicable que mejore la toma de decisiones en las licitaciones públicas.

Objetivos específicos

1. Recolectar la información de trabajos relacionados para la definición de las metodologías, tecnología y herramientas a usarse en el desarrollo del proyecto.

2. Especificar los requerimientos del prototipo de prototipo web inteligente para su implementación utilizando las herramientas definidas.
3. Construir el prototipo de portal web para que se integre al modelo de sugerencias de XAI mediante microservicio.
4. Realizar pruebas y validaciones del portal, verificando su correcto funcionamiento, aplicabilidad y cumplimiento de los requerimientos especificados.

Alcance del proyecto

Este proyecto se enfoca en el diseño e implementación de un prototipo de portal web inteligente que integre un sistema de recomendación para estimar la duración de contratos en licitaciones públicas de la Unión Europea, empleando modelos de XAI para garantizar transparencia y trazabilidad en las sugerencias generadas. Es decir, se busca optimizar el proceso de análisis y selección de oportunidades, brindando a las organizaciones contratantes una herramienta que facilite la toma de decisiones y reduzca el tiempo invertido en la revisión de licitaciones.

El prototipo será ejecutado de forma local por lo que no será necesario implementar un servidor de bases de datos, ya que la gestión de información se realizará mediante archivos JSON. El backend estará desarrollado en Python dentro de Visual Studio Code y la inferencia de los modelos se llevará a cabo a través de una API REST construida con Flask. El frontend se implementará empleando con plantillas HTML, CSS y JavaScript, que consumirán los endpoints definidos en la API. Asimismo, se integrará LIME en Python para generar explicaciones visuales que acompañen las sugerencias del sistema de recomendación.

Criterios de inclusión:

- Licitaciones públicas pertenecientes a la Unión Europea, con información disponible en fuentes oficiales.
- Contratos con datos estructurados que permitan el entrenamiento y prueba del modelo de recomendación.

Criterios de exclusión:

- Licitaciones privadas o fuera del ámbito geográfico de la Unión Europea.
- Procesos de contratación con datos incompletos o sin registro histórico suficiente.

Este trabajo no contempla el tratamiento de los datos (proceso de EDA y ETL) ni el entrenamiento de los modelos, ya que estas tareas fueron abordadas en el estudio (Muñoz Solorzano & Vargas Peñafiel, 2024). En consecuencia, el alcance de este proyecto se limita a la integración del prototipo con el sistema de sugerencias existente, de manera que tanto el ingreso de los datos de las licitaciones a analizar como la visualización de los resultados se realicen a través de una interfaz gráfica intuitiva y no únicamente por consola, como ocurre en la versión actual del sistema.

Justificación e importancia

El acceso y análisis de licitaciones públicas en la Unión Europea constituye un reto crítico para las organizaciones que buscan participar de manera estratégica en procesos de contratación gubernamental (Hoekman & Onur Taş, 2024). Actualmente, la búsqueda de oportunidades en plataformas oficiales es mayoritariamente manual, demandando un alto consumo de tiempo y recursos, lo que con frecuencia deriva en la pérdida de licitaciones relevantes. Este escenario evidencia la necesidad de contar con soluciones tecnológicas que optimicen el filtrado y la evaluación de contratos, especialmente en lo relativo a la estimación de su duración óptima.

En este proyecto se propone desarrollar un prototipo de portal web inteligente que, mediante técnicas de XAI, recomiende la duración estimada de un contrato de licitación. Con ello, las organizaciones podrán tomar decisiones más rápidas y fundamentadas, incrementando sus posibilidades de éxito en los procesos de adjudicación.

La implementación de este sistema contribuirá a fortalecer la transparencia y la equidad en la contratación pública, asegurando que las decisiones estén respaldadas por criterios claros y verificables. Esto generará un impacto positivo en la confianza ciudadana hacia los procesos de adjudicación y en la percepción de eficiencia del sector público.

La solución planteada permitirá reducir de manera significativa los tiempos de búsqueda y análisis de licitaciones, optimizando los recursos humanos y técnicos de las entidades gubernamentales. Asimismo, favorecerá la priorización de oportunidades estratégicas, minimizando el riesgo de omisiones o errores en la evaluación.

Desde el punto de vista científico, este proyecto contribuirá al campo de la ciencia de datos y los sistemas de recomendación, demostrando cómo las técnicas de XAI que pueden aplicarse en entornos de contratación pública para ofrecer resultados explicables. Esto abre una línea de investigación para la integración de inteligencia artificial en procesos administrativos de alta responsabilidad.

Los beneficiarios directos serán las organizaciones gubernamentales y los equipos responsables de la gestión de licitaciones, quienes contarán con una herramienta que centraliza, analiza y recomienda información clave. De manera indirecta, se beneficiará el ecosistema empresarial, al promover un entorno más competitivo y eficiente en la adjudicación de contratos públicos.

Limitaciones del estudio

- El prototipo se centrará únicamente en la recomendación de la duración estimada de la licitación, sin realizar una evaluación económica o técnica de las propuestas.
- El sistema no reemplaza las decisiones finales de las entidades, sino que actúa como apoyo al análisis.
- El alcance inicial no contempla la integración con sistemas externos de gestión de contratos en tiempo real.
- El prototipo se llevará a cabo en un entorno local, ejecutándose en un servidor configurado en localhost, lo que implica que la implementación y las pruebas iniciales no se realizarán en un hosting público ni en un servidor en la nube

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes del estudio

Las contrataciones públicas han constituido históricamente un pilar fundamental en la gestión del sector público, desempeñando un papel clave en la asignación eficiente de recursos y en la provisión de servicios esenciales a la ciudadanía. En los últimos años, estos procesos han experimentado una transformación profunda, impulsada por la digitalización y la adopción de tecnologías emergentes. Tales innovaciones han optimizado los procedimientos administrativos, fortalecido la transparencia y reforzado la supervisión de las compras públicas.

La implementación de plataformas y sistemas digitales en la contratación pública no solo ha mejorado el control del gasto, sino que también ha contribuido a prevenir prácticas corruptas o indebidas mediante una mayor trazabilidad de las operaciones. En este contexto, la licitación competitiva se ha consolidado como una estrategia eficaz para maximizar el valor del dinero público. Según (Ehlers et al., 2022), este tipo de licitación resulta especialmente efectiva cuando existen alternativas como los medicamentos genéricos, ya que permite seleccionar proveedores más rentables y estabilizar precios durante la vigencia del contrato.

En el ámbito de la Unión Europea, la Ley 19/2013 de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Buen Gobierno ha impulsado la creación del portal TED (Tenders Electronic Daily), una base de datos que agrega diariamente información de contrataciones, convirtiéndose en una fuente

idónea para análisis de datos a gran escala. No obstante, el uso de técnicas avanzadas como el Machine Learning (ML) y el preprocesamiento masivo de datos plantea un desafío en términos de explicabilidad, ya que en muchos casos estas herramientas operan como “cajas negras” que generan desconfianza en los usuarios.

De forma complementaria, la Ley 18/2015, que regula la reutilización de la información del sector público, fomenta que empresas y desarrolladores utilicen estos datos para crear herramientas y servicios innovadores, generando valor económico y social. En este contexto, los modelos de machine learning desempeñan un papel fundamental en los sistemas de recomendación aplicados a licitaciones públicas, particularmente aquellos orientados a tareas de clasificación.

En el trabajo (Figueroa-Gómez & Galpin, 2024), se presenta un caso de estudio en el que se aplican algoritmos como Logistic Regression, Decision Trees, Random Forest, Gradient Boosting y AdaBoost para clasificar licitaciones. Asimismo, se experimenta con diferentes técnicas de balanceo de datos, concluyendo que el mejor rendimiento se obtiene con Random Forest y Gradient Boosting Classifier combinados con SMOTE-TOMEK. Estos resultados refuerzan la importancia de seleccionar modelos robustos y estrategias de preprocesamiento adecuadas para mejorar la precisión en las recomendaciones.

En paralelo, los avances en Inteligencia Artificial han abierto nuevas posibilidades en la gestión pública, particularmente en la toma de decisiones estratégicas. En este sentido, XAI ha cobrado relevancia al proporcionar mecanismos para comprender y justificar los resultados generados por modelos de IA. Dependiendo de la complejidad del modelo, XAI puede aplicar enfoques de “caja blanca” que revelan las relaciones entre variables de entrada y salida, facilitando la interpretación de los resultados. Sin embargo, también existen modelos más simples que, aunque

ofrecen un rendimiento comparable, no permiten acceder con igual detalle a la lógica interna de su funcionamiento.

En suma, la combinación de plataformas digitales, técnicas de machine learning y enfoques de explicabilidad como XAI representa una oportunidad significativa para optimizar los procesos de contratación pública, especialmente en lo relativo a la estimación y recomendación de parámetros críticos como la duración de las licitaciones.

Fundamentación teórica

Licitaciones públicas

Son procesos que se llevan a cabo en entidades públicas o privadas que proporcionan productos, servicios u obras públicas en la cual se postulan los proveedores, previo a un concurso publicado y según sus necesidades participan para ser seleccionados en la mejor oferta económica y así llevar una transparencia en los procedimientos (Duarte, n.d.).

Fuente de datos de los TED

En la actualidad, el TED (Tenders Electronic Daily) representa una de las fuentes más completas de información sobre licitaciones públicas en el contexto europeo. Este repositorio digital, dependiente del Diario Oficial de la Unión Europea, recopila diariamente miles de anuncios relacionados con contrataciones gubernamentales, facilitando el acceso a datos de múltiples países, sectores y niveles administrativos. Esta herramienta es esencial para empresas, investigadores y gobiernos que desean analizar las dinámicas del mercado público europeo.

Desde el año 2014, el TED ha experimentado mejoras significativas en sus formatos de publicación, adoptando estructuras más cuantitativas y estandarizadas. Estos cambios han

permitido que los datos disponibles no solo sean más detallados, sino también más accesibles para su procesamiento automático. Gracias a la introducción de campos estructurados y categorías uniformes, ahora es posible analizar aspectos como la duración del contrato, número de ofertas recibidas, criterios de adjudicación, entre otros elementos clave en los procesos de licitación.

Estas mejoras han sido impulsadas, en gran parte, por la necesidad de incrementar la transparencia y la rendición de cuentas en las contrataciones públicas. El acceso a datos abiertos y de calidad fomenta la competencia, reduce el riesgo de corrupción y permite que los ciudadanos y organizaciones puedan realizar auditorías sociales o investigaciones independientes. Además, el TED ha sido diseñado para integrarse con otras plataformas, como el portal de datos abiertos de la Unión Europea, lo que incrementa aún más su utilidad.

Asimismo, el uso de herramientas de análisis de datos sobre el TED se ha vuelto cada vez más común. Investigadores y desarrolladores han aprovechado su estructura mejorada para crear modelos de sugerencia, sistemas de alerta, plataformas de recomendación y dashboards interactivos. Esto ha potenciado el valor estratégico de la información publicada, permitiendo a las empresas anticiparse a oportunidades de contratación y a los gobiernos mejorar sus políticas de compras públicas.

TED no solo ha evolucionado como una fuente de datos más rica y estructurada, sino que también se ha consolidado como un recurso clave para el desarrollo de soluciones inteligentes, tales como los sistemas de recomendación y plataformas de visualización analítica (van Berkel & Schotanus, 2021). Su constante actualización, apertura de datos y estandarización lo convierten en un pilar fundamental para quienes trabajan con información sobre contrataciones públicas en Europa.

Problemas en las licitaciones públicas en Europa

En el contexto de las licitaciones públicas en Europa, uno de los principales problemas es el prolongado tiempo de respuesta en la adjudicación de contratos. Este retraso suele generar incertidumbre tanto para las entidades contratantes como para los proveedores, afectando la planificación, ejecución y entrega de bienes o servicios. La lentitud en los procesos también puede impactar negativamente en la inversión pública, generando sobrecostos y reduciendo la eficiencia del gasto.

Esta situación se ve agravada por la diversidad de sectores económicos y categorías técnicas que participan en las licitaciones, lo cual eleva considerablemente la complejidad del análisis de las propuestas. Cada sector tiene requisitos específicos, normativas distintas y criterios de evaluación diferenciados. Esta heterogeneidad obliga a los evaluadores a manejar un gran volumen de datos y a realizar procesos comparativos que requieren tiempo y recursos especializados, dificultando aún más la toma de decisiones ágil (Nai et al., 2023).

Otro factor que influye en estos problemas es la falta de estandarización en la presentación de ofertas y en la documentación técnica exigida. A pesar de los esfuerzos por homogeneizar formatos a nivel europeo, siguen existiendo diferencias significativas entre países e incluso entre regiones dentro de un mismo Estado. Esto no solo ralentiza el proceso de evaluación, sino que también introduce márgenes de error o ambigüedad que pueden derivar en impugnaciones, anulaciones o reevaluaciones de procesos.

Adicionalmente, la limitada integración tecnológica en algunos organismos públicos sigue siendo un obstáculo importante. Si bien existen iniciativas para digitalizar los procedimientos, muchos procesos todavía se realizan parcialmente de forma manual o con herramientas poco

eficientes. Esta carencia de automatización contribuye a la lentitud y a la baja trazabilidad de las decisiones tomadas. En este contexto, la incorporación de soluciones basadas en inteligencia artificial y análisis de sugerencia se perfila como una vía prometedora para mejorar los tiempos y la calidad de los procesos.

En consecuencia, se vuelve cada vez más necesario implementar mecanismos innovadores que agilicen las fases de evaluación y adjudicación, como sistemas de recomendación, algoritmos de priorización o visualizaciones explicativas. Estas herramientas no solo permitirían acelerar la toma de decisiones, sino también aumentar la transparencia, reducir los errores humanos y mejorar la experiencia tanto de los usuarios internos como de los proveedores. La transformación digital del proceso de licitación pública en Europa es, por tanto, un objetivo clave para fortalecer la confianza y la eficiencia en la contratación pública (Guzmán, 2021).

Modelos de Machine Learning

La elección del modelo de Machine Learning (ML) es un aspecto fundamental, ya que depende del tipo de problema a resolver y del objetivo del sistema. En el caso de las licitaciones públicas, el propósito principal es generar clasificaciones que permitan realizar recomendaciones efectivas y personalizadas a los postulantes.

En el estudio realizado por (Figueroa-Gómez & Galpin, 2024), se evaluó la precisión de distintos modelos aplicados al sistema de licitaciones públicas de la Universidad de Dios. Los autores probaron un total de seis modelos de clasificación y regresión, entre los que se incluyen: Regresión Logística, Árboles de Decisión, Bosques Aleatorios (*Random Forest*), Adaptive Boosting y Gradient Boosting. El estudio destaca el desempeño comparativo de estos algoritmos y su impacto en la mejora del proceso de recomendación dentro del sistema de contrataciones.

LIME

Es un método dependiente del modelo, lo que significa que el modelo utilizado afectará el resultado de LIME para la misma tarea y conjunto de datos. Además, convierte cualquier modelo en un modelo local lineal y luego reporta los valores de los coeficientes que representan los pesos de las características en el modelo (Salih et al., 2025).

Su técnica ampliamente utilizada en el campo de la inteligencia artificial explicable (XAI). Su propósito es ofrecer interpretaciones comprensibles para modelos de aprendizaje automático que normalmente se comportan como "cajas negras", es decir, cuyos procesos internos no son fácilmente entendibles para los humanos. Lo que distingue a LIME es que proporciona explicaciones locales, lo cual significa que interpreta el comportamiento del modelo en torno a una sugerencia específica, en lugar de intentar explicar el modelo completo.

Una de las características fundamentales de LIME es que es agnóstico al modelo, lo que le permite aplicarse a cualquier tipo de algoritmo de Machine Learning (como Random Forest, Gradient Boosting). Sin embargo, también es modelo-dependiente en la práctica, ya que el tipo de modelo y su complejidad pueden influir en la forma en que LIME aproxima la explicación local. En esencia, LIME genera un modelo lineal interpretable (como una regresión lineal) para explicar una sola sugerencia, simulando cómo responde el modelo real en un vecindario cercano a la instancia analizada (Ribeiro et al., 2016a).

El proceso de LIME consiste en perturbar la entrada original (por ejemplo, creando pequeñas variaciones de una licitación pública con cambios mínimos en sus características) y luego observar cómo cambia la sugerencia del modelo. Con esos nuevos datos sintéticos, LIME ajusta un modelo simple y lineal que trata de imitar el comportamiento del modelo complejo en esa región

específica. Los coeficientes resultantes del modelo lineal representan los pesos o importancia de cada característica, lo cual permite visualizar cómo contribuyó cada variable al resultado final.

Este enfoque es extremadamente útil en escenarios donde la transparencia y la justificación de decisiones automatizadas son críticas, como en sistemas de recomendación para adjudicaciones públicas, decisiones financieras, o diagnósticos médicos. LIME permite, por ejemplo, que un analista comprenda por qué un modelo sugirió cuanto debería durar una licitación, señalando con claridad qué variables influyeron más en esa decisión, y si lo hicieron de forma positiva o negativa.

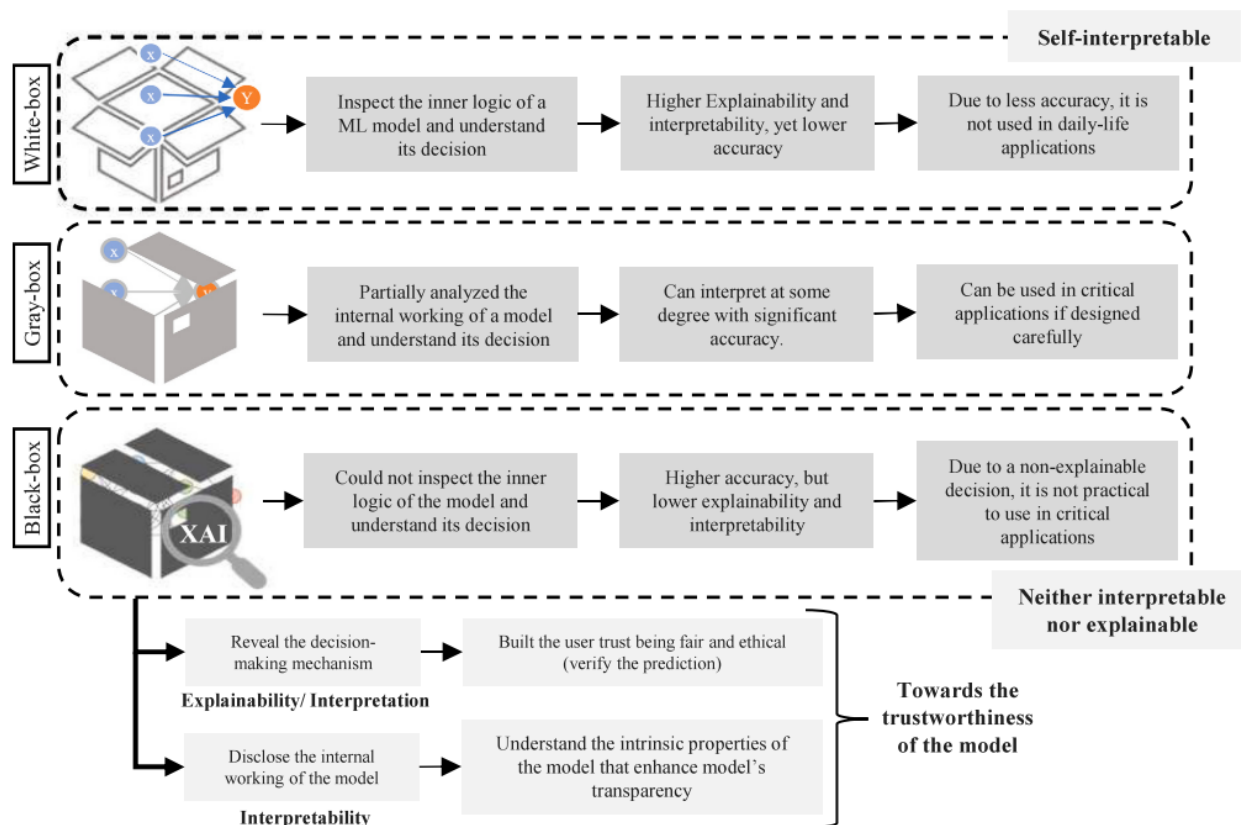
A pesar de sus ventajas, es importante reconocer que LIME también tiene limitaciones. La calidad de la explicación depende de la fidelidad del modelo lineal al modelo original dentro del vecindario local. Si la superficie de decisión del modelo complejo es muy no lineal o inestable, la aproximación lineal puede ser engañosa. Además, las perturbaciones generadas deben ser significativas y realistas para que la explicación sea válida. Por ello, se recomienda utilizar LIME como una herramienta complementaria dentro de un enfoque más amplio de interpretabilidad, y no como única fuente de verdad para la comprensión de modelos complejos.

XAI

Es una rama del conocimiento dentro de la IA que no solo se busca hallar modelos precisos en sus resultados, sino que también pueda comprenderse por los humanos, con la evolución de esta disciplina la IA emplea modelos más complejos, para el algoritmo de aprendizaje profundo, incluso se convierte más exigente entenderlo. En la *Figura 1* comprender como trabaja internamente

Figura 1

Comparación de los modelos de caja blanca, caja gris y caja negra.



Nota: Por un lado, los modelos de caja blanca son interpretables por diseño, lo que facilita la comprensión de sus resultados, pero los hace menos precisos. Además, los modelos de caja gris ofrecen un buen equilibrio entre interpretabilidad y precisión. Por otro lado, los modelos de caja negra son más precisos, pero menos interpretables. Se requieren técnicas XAI más complejas para crear modelos fiables. Elaborado por (Ali et al., 2023).

Uno de los principales objetivos de XAI es aumentar la confianza y la transparencia en los sistemas de IA, especialmente en ámbitos donde las decisiones automatizadas pueden tener consecuencias significativas, como en la salud, la justicia, las finanzas o la contratación pública. Un modelo que no puede ser interpretado difícilmente podrá ser auditado o justificado frente a errores, sesgos o decisiones injustas. Por eso, XAI no solo se enfoca en el rendimiento del modelo, sino también en su trazabilidad y entendimiento.

Dentro de esta disciplina, se han desarrollado numerosas técnicas, tanto intrínsecas como post-hoc. Las técnicas intrínsecas buscan diseñar modelos interpretables desde su estructura, como

los árboles de decisión simples o las regresiones lineales. Por otro lado, las técnicas post-hoc, como LIME, se aplican después de entrenar modelos complejos con el fin de explicar sus resultados de forma localizada o global. Estas herramientas permiten descomponer una sugerencia en contribuciones de cada característica de entrada, facilitando así el análisis del comportamiento del modelo.

Además, XAI tiene una implicación ética y legal. En la Unión Europea, por ejemplo, el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) establece el derecho a recibir explicaciones sobre decisiones automatizadas, lo cual hace que el desarrollo de sistemas explicables no sea solo una preferencia técnica, sino también un requisito normativo. En este sentido, XAI se convierte en un componente crucial para la responsabilidad algorítmica, permitiendo que los modelos no solo sean potentes, sino también alineados con principios de equidad, transparencia y control humano(Barredo Arrieta et al., 2020a).

También cumple un rol importante en el mejoramiento de modelos de sugerencia, ya que al comprender qué variables están influyendo en las sugerencias, los desarrolladores pueden detectar errores, corregir sesgos, identificar sobreajuste o mejorar la calidad de los datos. En resumen, la Inteligencia Artificial Explicable no solo responde a la necesidad de entender, sino que también impulsa el desarrollo de sistemas más robustos, confiables y éticamente responsables.

Importancia de la XAI en la contratación pública

El utilizar estos modelos permite justificar las decisiones ante una ciudadanía y entes reguladores, además de identificar los sesgos o favoritismos en los procesos de elección. Por otra parte, se aumenta la confianza pública en los sistemas automatizados utilizados por servidores

públicos del estado, que concluyen a prevenir errores de alto costo, especialmente si estas decisiones pueden afectar a personas o empresas.

En el ámbito de las licitaciones públicas, donde se manejan recursos del Estado y se toman decisiones que impactan a múltiples actores sociales, la transparencia no es solo deseable, sino obligatoria. Mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial explicable (XAI), es posible detallar qué factores influyeron en la adjudicación de un contrato y en qué medida, brindando a las partes interesadas la posibilidad de auditar y comprender el proceso. Esto permite que las entidades contratantes puedan responder a cuestionamientos o apelaciones con evidencia técnica clara y sustentada.

Además, XAI facilita la detección temprana de patrones anómalos o discriminatorios, los cuales pueden estar encubiertos en los modelos tradicionales de aprendizaje automático. Por ejemplo, si un sistema de recomendación para licitaciones favorece sistemáticamente a ciertos proveedores sin una razón justificable, las técnicas de explicabilidad permiten identificar estas situaciones y corregirlas (Guida et al., 2023). Esto es fundamental para garantizar que los sistemas automatizados respeten los principios de igualdad de oportunidades, competencia justa y legalidad.

Otra ventaja significativa es que la XAI empodera a los usuarios no técnicos, como funcionarios públicos, asesores legales o ciudadanos comunes, al permitirles entender cómo y por qué se tomó una decisión automatizada. Al convertir modelos complejos en explicaciones simples y comprensibles, se promueve una cultura de responsabilidad y rendición de cuentas. Esta comprensión, además, fomenta una mejor toma de decisiones futuras, basada en evidencia y no solo en intuición o rutina institucional.

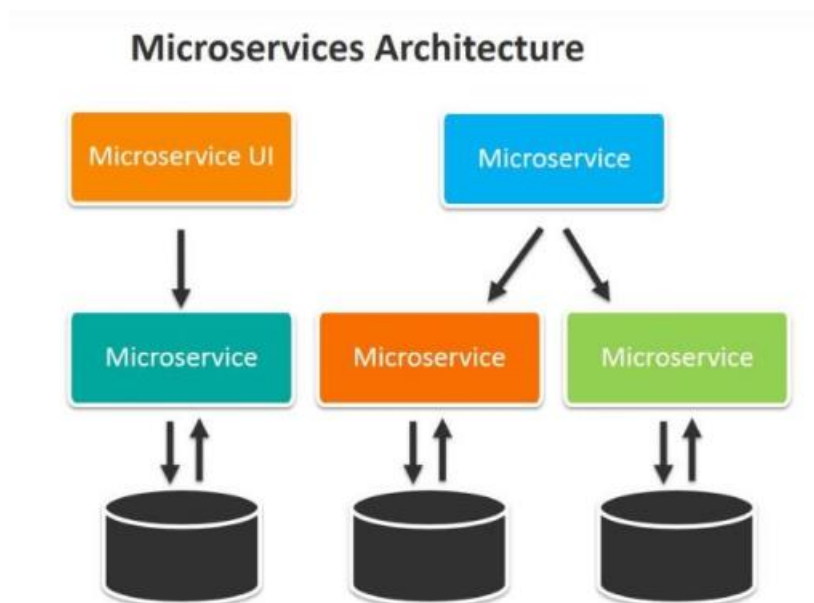
Al incorporar XAI en los sistemas de contratación pública, se abre la puerta a una transformación digital más ética y sostenible. No solo se trata de hacer los procesos más eficientes mediante automatización, sino también de garantizar que dicha automatización esté alineada con los valores democráticos y las normativas legales. En este sentido, la inteligencia artificial explicable no es un complemento opcional, sino una herramienta estratégica para construir confianza y legitimidad en las instituciones públicas.

Plataforma web inteligente

Se trata de una solución versátil y compatible con cualquier infraestructura en la nube, que incorpora funciones avanzadas de IA. Gracias a la incorporación de plataformas inteligentes, las organizaciones pueden desarrollar productos relacionados con datos de gran funcionalidad y escalabilidad.(Kenneth Lobato Lastra et al., 2024). La mayor accesibilidad impulsa la innovación y, por ende, fomenta la creación de nuevos modelos de negocio centrados en los datos. Además, promueve una cultura empresarial profundamente arraigada en los datos y esto, a su vez, aumenta el valor global de los activos de datos.

Aplicación de Microservicio

Las aplicaciones de microservicios descomponen la aplicación en unidades más pequeñas y autónomas llamadas “microservicios”. La *Figura 2* explica que cada microservicio se encarga de una tarea específica y se comunica con otros procesos.

Figura 2*Arquitectura de Microservicio*

Nota. Imagen de una las aplicaciones de microservicios, la principal finalidad de la arquitectura es dividir procesos para que se ejecuten de manera independiente. Elaborado por: (*Microservicios vs. Arquitecturas Monolíticas* | Comunidades SUSE, n.d.)

Lenguajes de Programación

El lenguaje de programación es el medio por el cual se da indicaciones a el computador para que realice algunas secuencias de instrucciones y estas se ejecute. “Todo lenguaje permite el manejo de los tres elementos que componen un programa; a saber: estructura de datos, operaciones primitivas elementales y estructura de control.”(Leobardo & Román, 2013). Para que un lenguaje de programación sea llamado así debe tener características como:

- **Sintaxis y gramática:** Son un conjunto de reglas que definen el modo de redactar las instrucciones. La gramática describe el cómo se debe combinar las instrucciones para que sea un programa válido.

- **Capacidad de expresión de algoritmos** El lenguaje debe permitir expresar algoritmos y lógica de programación de tal forma que este sea entendido o interpretado por la máquina.
- **Variables y tipos de datos:** El lenguaje de programación debe permitir la manipulación de variables y tipos de datos para que estos sean guardados o mostrados.
- **Operadores:** Es una capacidad crucial que los lenguajes proporcionen operadores aritméticos y lógicos para que los datos sean tratados.
- **Estructuras de control:** Los lenguajes de programación deben tener estructuras que sean capaces de manipular el flujo del algoritmo y con ello el computador tenga la correcta interpretación de la dirección del proceso.
- **Entrada y salida:** Debe tener la capacidad de entrada y salida de datos, ya sea desde o hacia dispositivos como teclados, pantallas, archivos, etc.
- **Abstracciones:** Los lenguajes de programación deben tener un esquema de organización y simplificación del código, esto permite que se creen abstracciones en funciones, procedimientos, clases, etc.
- **Manejo de errores:** Debe contener mecanismos para manejar y reportar errores mientras se ejecuta el programa.
- **Reusabilidad:** Aunque no es una característica obligatoria es necesario que los lenguajes de programación puedan admitir la reutilización de código a través de módulos, bibliotecas o funciones.

- **Compilación o Interpretación:** Una característica básica y necesaria en los lenguajes de programación, el compilador se encarga de interpretar el código del lenguaje a lenguaje de máquina.

Personajes como Charles Babbage, Konrad Zuse y Grace Hopper proporcionaron las bases para los lenguajes de programación y conforme han pasado los años estos evolucionaron en función de la necesidad de la época; cada lenguaje tiene su propia sintaxis y lo que se recomiendan es estudiar la lógica de programación y no el lenguaje. (Leobardo & Román, 2013).

Herramientas de Desarrollo de software

Las herramientas de desarrollo son programas y software diseñados para facilitar el proceso de creación, prueba y mantenimiento de aplicaciones de software. Según (Kossiakoff et al., 2020), Las herramientas para el desarrollo son esenciales en el ciclo de vida del desarrollo de software. Proporcionan entornos de programación, depuración, gestión de proyectos y control de versiones, que permiten a los desarrolladores crear aplicaciones de manera eficiente.

Python

Según (Jordi Torres, n.d.), Python es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en las aplicaciones web, el desarrollo de software, la ciencia de datos y el machine learning. Es de programación libre, de alto nivel y multiplataforma inventado por Guido Van Rossum en 1989. Los desarrolladores pueden leer y comprender fácilmente los programas de Python debido a su sintaxis básica similar a la del inglés(Lutz, 2013).

Permite que los desarrolladores sean más productivos, ya que pueden escribir un programa de Python con menos líneas de código en comparación con muchos otros lenguajes, cuenta con una gran biblioteca estándar que contiene códigos reutilizables para casi cualquier tarea.

Flask

Flask se caracteriza por su simplicidad, flexibilidad y facilidad de uso. Está diseñado para facilitar la creación de aplicaciones web ligeras, permitiendo a los desarrolladores construir rápidamente servicios y APIs sin la complejidad de un framework más pesado (Grinberg, 2018). Aunque es minimalista por defecto, Flask se puede ampliar mediante extensiones que añaden funcionalidades como manejo de bases de datos, autenticación, formularios o integración con tecnologías de terceros.

Gracias a su arquitectura modular y a su filosofía de “lo que ves es lo que usas”, ofrece un alto grado de control sobre la estructura y comportamiento de la aplicación. Esto lo hace ideal tanto para proyectos pequeños como para aplicaciones más complejas en las que el desarrollador desea mantener un control fino del código. Además, su amplia documentación y activa comunidad contribuyen a que sea una de las opciones más populares para aprender y trabajar en desarrollo web con Python.

Flask es un microframework escrito en Python. Su objetivo es hacer más fácil y rápido crear aplicaciones web simples. Se destaca de otros marcos por su diseño simple y modular. La gran ventaja de *Python Flask* es su flexibilidad. Permite hacer desde proyectos pequeños hasta grandes aplicaciones. Los desarrolladores tienen control total sobre su proyecto (Bigcode, 2024).

JavaScript

Es un lenguaje de programación interpretado orientado a objetos, ampliamente utilizado en el desarrollo web. Fue creado inicialmente para dotar de interactividad a las páginas HTML, permitiendo a los desarrolladores manipular dinámicamente los elementos de una página, validar formularios, generar animaciones o manejar eventos del usuario (Flanagan, 2020). Se ejecuta

directamente en el navegador del cliente, lo que lo convierte en una de las principales tecnologías del desarrollo frontend junto a HTML y CSS.

Además, JavaScript ha evolucionado hasta convertirse en un lenguaje versátil que también puede ejecutarse en el lado del servidor gracias a entornos como Node.js, lo que permite construir aplicaciones web completas con una sola tecnología. Su ecosistema incluye una gran cantidad de frameworks y librerías (como React, Angular, Vue.js o Express) que facilitan el desarrollo ágil de aplicaciones modernas. Por su compatibilidad, facilidad de uso y comunidad activa, es considerado uno de los pilares fundamentales de la programación web actual.

JSON

JSON (JavaScript Object Notation), es un formato ligero de intercambio de datos. Es sencillo de leer y escribir para humanos. Es fácil de analizar y generar para las máquinas. Se basa en un subconjunto del estándar de lenguaje de programación JavaScript ECMA-262 3ª edición-diciembre de 1999. JSON es un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje, pero utiliza convenciones que son familiares para los programadores de la familia de lenguajes C, incluidos C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python y muchos otros (ECMA International, 2017).

Visual Studio Code

Es un editor de código fuente gratuito, ligero y multiplataforma desarrollado por Microsoft, diseñado para programadores y desarrolladores de software. Ofrece compatibilidad con una amplia variedad de lenguajes de programación y cuenta con características como resaltado de sintaxis, autocompletado inteligente, depuración integrada y control de versiones mediante Git. Su

arquitectura extensible permite instalar complementos desde su marketplace, lo que facilita personalizar la herramienta según las necesidades del proyecto y del usuario.

Además, Visual Studio Code destaca por su rendimiento y su interfaz intuitiva, que combina la simplicidad de un editor de texto con funciones avanzadas de un entorno de desarrollo integrado (IDE). Es utilizado ampliamente tanto para desarrollo web como para programación en entornos de escritorio, móviles y en la nube. Su integración con contenedores, entornos remotos y herramientas de colaboración en tiempo real lo convierte en una opción versátil y potente para proyectos individuales y de equipo.

Proporciona este ambiente una interfaz gráfica muy amigable, en la que el programador desarrolla fácilmente sus aplicaciones para diversas versiones de sistemas operativos de Windows. Asimismo, permite a los desarrolladores crear aplicaciones (tanto de escritorio como web) en entornos que soportan la plataforma .NET.(Guzmán Y Valle et al., 2022)

HTML

HTML (lenguaje de marcado de hipertexto) es el componente básico de la web. Define el significado y la estructura del contenido web. Además de HTML, se utilizan generalmente otras tecnologías para describir la apariencia/presentación (CSS) o la funcionalidad/comportamiento (JavaScript) de una página web. (Valderas Aranda, 2024).

Por sí solo(W3C., 2017), HTML no es un lenguaje de programación, sino un sistema de anotaciones que describe el contenido para que los navegadores puedan interpretarlo y presentarlo correctamente al usuario.

CSS

CSS (Cascading Style Sheets) es un lenguaje utilizado para describir la presentación y el diseño de documentos escritos en lenguajes de marcado como HTML o XML. Su función principal es definir cómo se muestran los elementos en pantalla, en papel o en otros medios, controlando aspectos como colores, tipografías, márgenes, alineaciones, tamaños y disposición general del contenido (García Illescas, 4 C.E.).

La gran ventaja de CSS es que permite separar la estructura del documento (definida por HTML) de su apariencia visual, lo que facilita el mantenimiento, la reutilización y la coherencia del diseño en múltiples páginas (W3C., 2017). Además, gracias a su capacidad de trabajar con reglas jerárquicas y selectores, es posible aplicar estilos a elementos específicos o a grupos de ellos, adaptando la presentación de un sitio web a diferentes dispositivos y resoluciones de pantalla de manera flexible y eficiente.

Evaluación interna de los modelos Random Forest y Gradient Boosting

Según (Bologna, 2021), un árbol de decisión está compuesto por nodos y aristas, donde cada nodo representa un predicado, entendido como una condición lógica que determina el camino a seguir dentro del árbol. Al recorrer desde la raíz hasta un nodo terminal, se construye una regla proposicional que permite clasificar o predecir una salida basada en las entradas.

Partiendo de esta estructura básica, se explican los principios de funcionamiento de los modelos Random Forest y Gradient Boosting. El modelo Random Forest consiste en la construcción de múltiples árboles de decisión, formando así un “bosque” de clasificadores. Cada árbol se entrena con una muestra aleatoria del conjunto de datos y, al combinar sus sugerencias, se obtiene un modelo más robusto y menos propenso al sobreajuste.

Por otro lado, el modelo Gradient Boosting funciona como un conjunto de árboles de decisión que se entrenan de manera secuencial. Cada nuevo árbol se ajusta para corregir los errores cometidos por los árboles anteriores, potenciando progresivamente la precisión del modelo. En este sentido, Gradient Boosting no sólo agrupa árboles, sino que los optimiza mediante un proceso iterativo de mejora continua.

Revisiones sistemáticas

En el marco de esta investigación, la pregunta que orienta el estudio es clara: *¿Cómo implementar un prototipo de portal web inteligente que permita optimizar la sugerencia de la duración de licitaciones públicas con criterios técnicos, económicos y legales en el mercado europeo?* Esta formulación busca analizar no solo el desempeño técnico de los sistemas, sino también su impacto real en la experiencia de las entidades que gestionan o participan en estos procesos.

Para responderla, se establecieron criterios de inclusión que garantizan un análisis coherente y relevante. En primer lugar, se consideraron investigaciones empíricas, estudios de caso y prototipos que aplican sistemas de recomendación en entornos de licitaciones públicas, con o sin el uso de XAI. Los participantes contemplados abarcan organizaciones gubernamentales y privadas involucradas en la gestión o participación en licitaciones, principalmente dentro de la Unión Europea, aunque se admiten experiencias internacionales que aporten comparativas útiles. La intervención evaluada corresponde a portales web inteligentes que incorporan funcionalidades avanzadas como filtrado de licitaciones, estimación de duración contractual, visualización de datos y mecanismos de explicabilidad de las recomendaciones.

En cuanto a las comparaciones, se analizan las diferencias entre plataformas tradicionales de publicación de licitaciones y sistemas que integran algoritmos de recomendación con módulos de XAI. Las métricas de interés incluyen la precisión en las recomendaciones, la satisfacción y confianza del usuario, la reducción de tiempos de búsqueda y la mejora en la transparencia de los procesos.

La literatura revisada muestra que, aunque portales como TED han avanzado en apertura y accesibilidad de datos, persisten deficiencias en personalización, usabilidad y transparencia algorítmica. Países como Estonia y España han dado pasos importantes al incorporar pilotos con XAI, pero su alcance sigue siendo limitado. En este sentido, (Barredo Arrieta et al., 2020) destacan que la XAI no solo busca interpretar los resultados de los modelos de aprendizaje automático, sino también ofrecer marcos conceptuales y taxonomías que permitan construir sistemas más responsables, transparentes y confiables. Esta perspectiva refuerza la necesidad de aplicar XAI en dominios sensibles como la contratación pública, donde la trazabilidad de las decisiones es fundamental. Asimismo, estudios como los de (García Martín, 2020; Miranzo Díaz, 2020) destacan que los sistemas de recomendación híbridos que combinan filtrado basado en contenido y comportamiento del usuario que logran mejores resultados en precisión y aceptación, aunque la falta de explicabilidad sigue siendo una barrera.

Investigaciones específicas, como la de (Megina Gonzalo, 2022a) y (Ribeiro et al., 2016), evidencian que herramientas como LIME incrementan la comprensión y confianza en las decisiones automatizadas. Asimismo, experiencias como la de (Quintana Ortega, 2024) demuestran que la IA aplicada a la supervisión de licitaciones es capaz de detectar irregularidades y optimizar la eficiencia de los procesos. Sin embargo, no se ha identificado aún un prototipo funcional público que integre simultáneamente sistemas de recomendación, módulos de XAI y un

diseño centrado en el usuario para el contexto europeo, lo que constituye una brecha que este proyecto busca cubrir.

Los portales web inteligentes integran funcionalidades avanzadas que van más allá de la simple publicación de convocatorias. Incorporan tecnologías como:

- Sistemas de recomendación para ayudar a licitantes a encontrar la mejor oferta adecuadas a sus necesidades.
- Análisis de sugerencia para detectar riesgos, como sobrecostos o posibles actos de corrupción.
- Paneles interactivos y sistemas de visualización de datos para el seguimiento del gasto público.
- Módulos de evaluación automatizada de ofertas, con criterios objetivos definidos previamente.
- Inteligencia Artificial Explicable para garantizar que las decisiones algorítmicas puedan ser auditadas y comprendidas.
- Minería de datos y procesamiento de lenguaje natural (NLP) para analizar documentos de licitación, identificar patrones y facilitar búsquedas semánticas.

Por otro lado, aún no existe un prototipo funcional público que integre todas estas tecnologías (recomendación + XAI + diseño centrado en el usuario) en un portal de licitaciones europeas. Esto representa una brecha importante que esta tesis busca abordar.

La revisión crítica de políticas de explicabilidad en la IA en la UE, aborda las políticas y regulaciones, resaltando la necesidad de marcos normativos claros para garantizar la transparencia y responsabilidad en la adopción de tecnologías inteligentes.

Cadenas de búsqueda

En base a los objetivos definidos se armaron las siguiente cadenas de búsqueda:

- *("public procurement" OR "licitaciones públicas") AND ("recommendation system" OR "sistema de recomendación") AND ("explainable AI" OR "XAI" OR "inteligencia artificial explicable") 197 resultados.*
- *(duration OR "estimación de duración" OR "contract time") AND (Europe OR "Unión Europea") 93 resultados.*

Cada cadena de búsqueda fue empleada con la finalidad de filtrar la información útil para la investigación, el total de artículos recolectados en base a las cadenas fueron 8.

Criterios de inclusión

Los artículos científicos fueron seleccionados para el estudio mediante la aplicación de la revisión de la literatura y en base a ciertos criterios de inclusión los cuales se enlistan a continuación:

- Estudios científicos que contengan información de licitaciones públicas.
- Estudios que contengan información de rendimiento con sistemas de recomendación.
- Estudios científicos que contengan información de XAI o *explainable AI*.
- Estudios científicos que hablen sobre el tiempo de contrato en la Unión Europea.

Criterios de exclusión

Al definir los criterios que van a servir para evaluar los papers a escoger, se consideró de igual forma los criterios de exclusión, los cuales contienen información que no es relevante para responder las preguntas de investigación que fueron planteadas y a continuación se enlistan:

- Estudios científicos no disponibles de manera gratuita.
- Estudios científicos que sean introductorios a un libro que contengan menos de 4 hojas.
- Tesis.
- Estudios científicos que tengan menos de 4 páginas.
- Estudios científicos anteriores a 2020.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se llevo a cabo en *Google Scholar*, ya que es considerado uno de los mas grandes y potentes buscadores bibliográficos académicos-científicos en el mundo. La búsqueda se llevó a cabo utilizando las cadenas de búsquedas planteadas al inicio para luego aplicar sobre los primeros resultados los criterios de inclusión y exclusión, asegurando su pertinencia.

Meta-análisis

TED se ha consolidado como la plataforma central de anuncios de contratación en la UE. Su evolución reciente con mayor apertura de datos vía API, filtros enriquecidos y mejores capacidades semánticas mejora la recuperación y la trazabilidad de información. Sin embargo, la evidencia sintetizada (European Commission, 2021) indica que, aunque la usabilidad y el acceso han avanzado, no incorpora nativamente sistemas de recomendación personalizados. Desde la perspectiva del meta-análisis, TED funciona como “capa de datos” indispensable, pero no resuelve por sí sola el problema de priorizar automáticamente oportunidades ni explicar por qué una licitación es más pertinente para una organización en un momento dado.

Estudios panorámicos sobre portales (García Rodríguez, 2022) para Italia, España y Alemania) confirman un patrón: predominan buscadores avanzados (filtros por CPV, importes, plazos), pero rara vez hay aprendizaje automático que personalice o anticipe necesidades organizacionales. Es decir, existen mejoras en consulta y filtrado, pero persiste el déficit de recomendación y, sobre todo, de explicabilidad de resultados para auditar decisiones.

La literatura aplicada reporta que los modelos híbridos (contenido + comportamiento) son los más prometedores. Por ejemplo, (Portilla Olvera & Lis Godoy, 2020) muestran un 32% más en precisión de emparejamiento proveedor-licitación frente a búsquedas manuales, lo que sugiere que la personalización eleva la relevancia de los resultados y puede incrementar la participación (especialmente de PYMES). Otros estudios y pilotos europeos (Amicone et al., 2023) exploran la integración de recomendación automatizada con atención explícita a la ética, sesgo y aceptabilidad organizacional.

En la síntesis cuantitativa los efectos convergen en tres direcciones:

- Precisión: mejoras medias reportadas en el rango 20–30% respecto a la línea base sin recomendación, con casos que alcanzan >30% cuando se usan modelos y perfiles bien definidos.
- Eficiencia (tiempo de búsqueda): reducciones medias del 25–40% en tiempo hasta encontrar convocatorias pertinentes cuando el sistema sugiere y prioriza, frente a la exploración manual.
- Aceptación/confianza: incrementos apreciables en confianza y comprensión cuando las recomendaciones se explican (XAI).

Desde 2020, la UE impulsa algoritmos explicables y rendición de cuentas en sistemas automatizados (p.ej., marcos y guías citados en (Holguera, 2021). En contratación pública donde la trazabilidad es crítica los enfoques como LIME han sido propuestos e incluso probados (p.ej., (Megina Gonzalo, 2022b) en clasificación por CPV), demostrando que las explicaciones locales ayudan a comprender y auditar por qué un expediente aparece como recomendado. La consecuencia práctica es doble:

- Aumenta la confianza de equipos técnicos y órganos de control, y
- Facilita el gobierno del modelo, al permitir ajustar reglas y detectar sesgos.

Encontramos heterogeneidad moderada entre estudios (diferencias en datos, dominios, métricas). Los moderadores que mejor explican la variación del efecto son:

- Calidad y granularidad de los datos (integración con TED + normalización CPV).
- Diseño de interfaz y flujo de trabajo (explicaciones claras, paneles accionables).
- Grado de XAI (gráficos interactivos y textos comprensibles superan la simple justificación técnica).
- Madurez organizacional (capacidad para absorber recomendaciones y ajustar políticas internas).

La literatura y los informes institucionales coinciden en una brecha operativa: no hay aún un prototipo público integral que combine recomendación personalizada, XAI y un diseño centrado en la organización usuaria, integrado sobre datos de TED. El proyecto aborda precisamente esa triple integración: priorizar licitaciones relevantes, explicar el porqué de cada sugerencia y operativizar la decisión en un panel usable para equipos públicos.

Para la práctica: incorporar una recomendación con XAI sobre TED acelera la investigación de mercado, disminuye tiempos de análisis y mejora la trazabilidad de decisiones; en pruebas reportadas por la literatura, los ahorros de tiempo y los aumentos de precisión son materialmente relevantes para equipos con recursos limitados.

Para la política: el alineamiento con marcos de transparencia y explicabilidad incrementa la legitimidad de las decisiones automatizadas y prepara a las organizaciones para auditorías y evaluación externa.

Síntesis y brecha de investigación

Los portales europeos avanzan en accesibilidad y apertura de datos, pero aún presentan limitaciones en personalización inteligente. Los sistemas de recomendación aplicados a licitaciones son escasos, aunque recientes estudios muestran su viabilidad técnica. XAI se está integrando como requisito ético y funcional en sistemas de apoyo a decisiones públicas y existen herramientas para análisis de sugerencia, pero su aplicación en plataformas públicas aún es limitada.

Hipótesis / Preguntas científicas por contestarse

P1: ¿De qué manera la Inteligencia Artificial Explicable (XAI) puede aplicarse en un prototipo web para justificar las sugerencias sobre la duración de contratos en licitaciones públicas de la Unión Europea, garantizando su aplicabilidad, claridad y objetividad en el proceso de decisión?

Variables de la investigación

Variable Independiente: Prototipo web inteligente con integración de XAI.

Variable Dependiente: Aplicabilidad, claridad y objetividad de las recomendaciones.

Definiciones conceptuales

Código CPV (Common Procurement Vocabulary): Sistema de codificación estándar utilizado en la contratación pública europea para clasificar y describir de manera uniforme los contratos y licitaciones (Rivera-Agudelo & Tostado, 2021).

Contratación Pública: Proceso mediante el cual las entidades gubernamentales adquieren bienes, servicios u obras a través de procedimientos regulados por ley, garantizando transparencia, eficiencia y uso adecuado de los recursos públicos (Guzmán, 2021).

Explicabilidad Algorítmica en el Sector Público: Principio regulatorio y técnico que exige que los sistemas automatizados utilizados por administraciones públicas puedan justificar de forma clara, auditable y comprensible el proceso de toma de decisiones (Quintana Ortega, 2024).

Gradient Boosting: Método de aprendizaje automático basado en ensamble que construye un modelo predictivo fuerte combinando de manera secuencial por múltiples modelos (Bologna, 2021).

Inteligencia Artificial Explicable (XAI): Conjunto de metodologías y técnicas que permiten interpretar, justificar y comprender las decisiones tomadas por modelos de inteligencia artificial, mejorando la transparencia y confianza en sus resultados (Ali et al., 2023).

Licitación Pública: Mecanismo de competencia abierta en el que las entidades públicas solicitan propuestas de proveedores interesados para ejecutar un contrato, siguiendo criterios técnicos, económicos y legales predefinidos (Duarte, n.d.).

LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations): Técnica de XAI que genera explicaciones locales y comprensibles para las predicciones de un modelo, destacando las variables que más influyen en un resultado concreto(Ribeiro et al., 2016b).

Modelo de Aprendizaje Automático (Machine Learning): Algoritmo capaz de aprender patrones a partir de datos históricos para realizar predicciones o clasificaciones, mejorando su rendimiento con la experiencia y nuevos datos (Bloch & Friedrich, 2022).

Modelos de Clasificación: Usado para clasificar datos dependiendo de una variable objetivo o por probabilidad(Cordero et al., 2024).

Random Forest: Algoritmo supervisado que se usa para problemas de clasificación mediante muchos arboles de decisión(Allen Akselrud, 2024).

Sistema de Recomendación: Conjunto de algoritmos y técnicas que sugieren elementos relevantes a un usuario en función de sus preferencias, comportamiento histórico o características específicas del contenido (Jia Hao Huang Xia, 2023).

TED: Licitaciones electrónicas Diarias (En inglés: Tenders Electronic Daily) Plataforma oficial de la Unión Europea para la publicación de anuncios de contratación pública, que centraliza y difunde licitaciones de los Estados miembros y ofrece acceso a través de interfaces de búsqueda y APIs (European Union, 2020).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el marco de esta investigación, se aplica la metodología de prototipo, la cual permite desarrollar, evaluar y perfeccionar una solución tecnológica antes de su implementación final. Este enfoque es especialmente útil en entornos donde la interacción con el usuario y la validación funcional son determinantes para el éxito del proyecto (Sommerville, 2016).

La metodología de prototipo se fundamenta en la creación de un modelo funcional inicial, no necesariamente completo, que represente las características esenciales del sistema propuesto. Este modelo sirve como base para que los usuarios, desarrolladores y otros actores involucrados puedan interactuar con la herramienta, identificar mejoras y proponer ajustes. Posteriormente, el prototipo es refinado de forma cíclica, incorporando retroalimentación y nuevos requerimientos hasta lograr un producto que cumpla con los objetivos planteados.

En el contexto de este estudio, el prototipo corresponde a un portal web inteligente integrado con un sistema de recomendación basado en Inteligencia Artificial Explicable (XAI), diseñado para sugerir la duración óptima de licitaciones públicas en el ámbito de la Unión Europea. La aplicación de esta metodología no solo permite verificar la viabilidad técnica y funcional de la solución, sino también garantizar que responda a las necesidades reales de las organizaciones usuarias, optimizando la experiencia y eficacia en la búsqueda de contratos.

El patrón de diseño utilizado para el desarrollo del prototipo es un Modelo-Vista-Controlador (MVC), comúnmente empleado en aplicaciones web y de escritorio (Pressman, 2010). Su estructura está basada en tres componentes principales:

1. Modelo: gestiona la lógica de negocio y los datos, en este caso, la carga de información en formato JSON y la inferencia de los modelos entrenados (*Random Forest* y *Gradient Boosting*)
2. Vista: presenta los resultados al usuario final a través de interfaces web desarrolladas con HTML, CSS y JavaScript, mostrando tanto las recomendaciones como las explicaciones generadas por LIME.
3. Controlador: actúa como intermediario entre el Modelo y la Vista, implementado mediante la API REST en Flask, la cual recibe solicitudes, ejecuta la lógica de inferencia y actualiza la Vista con los resultados

En este capítulo se describirá los aspectos de la propuesta tecnológica delineando el diseño metodológica, su arquitectura, metodología los beneficios, entregables entre otros. El eje metodológico se basa en enfoques tradicionales de desarrollo de software, detallando tanto los requisitos funcionales y no funcionales.

Tipo de investigación

Para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto, se integraron varias estrategias metodológicas que permiten abordar el problema planteado.

La presente investigación se enmarca en la modalidad exploratoria, dado que aborda un problema que, aunque identificado, aún no está claramente definido ni cuenta con un modelo de solución plenamente consolidado en el contexto europeo: la optimización de la sugerencia de la duración de licitaciones públicas mediante criterios técnicos, económicos y legales, apoyada en un prototipo de portal web inteligente con capacidades de XAI.

Este enfoque permite comprender en profundidad las características y particularidades de los procesos de licitación en la Unión Europea, identificando variables relevantes como el plazo contractual, el tipo de contrato, la magnitud económica y las condiciones legales que influyen en la duración óptima de una licitación. A partir de esta comprensión, se pudo generar la pregunta de investigación y lineamientos de diseño que orienten el desarrollo del prototipo.

Esta investigación no se limita a describir un fenómeno, sino que busca fundamentar la construcción de un prototipo mediante el análisis de datos históricos (2009–2023) y la experimentación con modelos de aprendizaje automático interpretables como LIME.

Diseño metodológico de la investigación

En esta sección se describe la metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo, estableciendo su relación con los objetivos planteados.

En primer lugar, para cumplir con el primer objetivo: “*Recolectar la información de trabajos relacionados para la definición de las metodologías, tecnología y herramientas a usarse en el desarrollo del proyecto.*”, se llevó a cabo una investigación documental y exploratoria, mediante una revisión sistemática de literatura científica y técnica relacionada con la gestión de licitaciones públicas, el uso de modelos de recomendación basados en *machine learning* y la aplicación de técnicas de XAI (Capítulo II).

La investigación documental es un tipo de investigación científica que se basa en la recolección, revisión, análisis e interpretación de información existente en documentos escritos, digitales o audiovisuales. En este contexto, se empleó este enfoque a través de la recopilación y revisión de literatura científica, técnica y normativa vinculada a la contratación pública, sistemas de recomendación y técnicas de inteligencia artificial explicable (XAI). Este enfoque permitió

construir un marco teórico sólido (Capítulo II), identificando antecedentes relevantes y establecer los criterios metodológicos y tecnológicos más adecuados para el desarrollo del prototipo.

Por su parte, la investigación exploratoria se utiliza en situaciones donde el problema de estudio aún no está bien definido o existe escasa información previa. En este trabajo, su aplicación se justifica porque el problema planteado —*la optimización de la estimación de la duración de licitaciones públicas mediante un sistema de recomendación con criterios técnicos, económicos y legales*— no ha sido abordado de forma sistemática en estudios previos. En consecuencia, se recurrió a un proceso exploratorio para comprender el fenómeno, delimitar sus variables y proponer hipótesis iniciales que orienten el diseño del prototipo. Esta aproximación permitió responder a las preguntas de investigación en su fase preliminar, generando información esencial para orientar el desarrollo de la solución tecnológica.

Este proceso permitió identificar enfoques previos, analizar sus limitaciones y extraer criterios importantes para la selección de metodologías, tecnologías y herramientas empleadas en el desarrollo del prototipo, que se presentan en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Metodologías, tecnologías y herramientas empleadas en el proyecto.

Categoría	Elemento	Descripción
Metodología	Prototipo	Permite construir, evaluar y refinar una versión funcional inicial del sistema de manera iterativa, incorporando retroalimentación de usuarios y expertos.
	Análisis documental sistemático	Revisión de literatura científica y técnica para seleccionar metodologías, tecnologías y herramientas pertinentes.
	Patrón de diseño MVC	Separación de responsabilidades en Modelo, Vista y Controlador para mejorar la organización y escalabilidad del prototipo web.

Tecnología	Inteligencia Artificial Explicable (XAI) – LIME	Técnica para justificar y visualizar las recomendaciones del modelo, garantizando transparencia y trazabilidad.
	API REST con Flask	Medio de integración entre el prototipo web y el modelo de recomendación previamente entrenado.
Herramientas	Python	Lenguaje principal para la lógica de negocio, integración con el modelo y uso de LIME.
	Visual Studio Code	Entorno de desarrollo integrado (IDE) para la implementación del prototipo.
	Flask	Framework web ligero para construir la API REST y gestionar el frontend mediante plantillas.
	HTML, CSS, JavaScript	Lenguajes para el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario.
	Archivos JSON	Medio de almacenamiento y transferencia de datos de licitaciones para la ejecución local del sistema.

Nota: Describe las metodologías, tecnologías y herramientas que fueron empleadas en el desarrollo de este proyecto. Elaborado por los autores.

De esta manera se puede concluir el cumplimiento del primer objetivo específico del presente trabajo, referente a la definición de las metodologías, tecnología y herramientas a usarse en el desarrollo del proyecto.

Para cumplir con el segundo objetivo: “*Especificar los requerimientos del prototipo de sistema web inteligente para su implementación utilizando las herramientas definidas.*”, se aplicó una investigación descriptiva. En esta fase se definieron las funcionalidades, entradas, salidas y restricciones del sistema, estableciendo de manera estructurada las características necesarias para su implementación. Esta actividad garantizó que los requerimientos respondieran tanto a las necesidades técnicas como a la integración con el modelo de recomendación previamente entrenado.

Requerimientos

Durante esta fase, se identificaron, analizaron y documentaron los requerimientos funcionales y no funcionales del prototipo. La información fue obtenida mediante revisión documental, análisis de sistemas similares, así como el marco normativo sobre licitaciones públicas en Europa.

La **Tabla 4** lista los requerimientos funcionales definidos e implementados en el presente trabajo.

Tabla 4
Requerimientos Funcionales

Código	Nombre del Requerimiento Funcional
RF01	Conexión con el modelo de recomendación.
RF02	Sugerencia de duración de contrato.
RF03	Selección de algoritmo (Gradient Boosting / Random Forest).
RF04	Procesamiento de 17 características de contratos públicos.
RF05	Intervalos de duración en meses.
RF06	Porcentaje de confianza.
RF07	Explicaciones LIME de las decisiones del modelo.
RF08	Visualización de probabilidades por clase.
RF09	Conversión de meses a días.
RF10	Conversión de meses a años.
RF11	Presentación de múltiples alternativas de duración.
RF12	Validación de campos requeridos.
RF13	Mapeo automático entre frontend y backend.

Nota: Listado de los requerimientos funcionales implementados en el prototipo. Elaborado por los autores.

Tabla 5
Conexión con el modelo de recomendación

RF01 – Conexión con el modelo de recomendación

Descripción: El sistema debe invocar el modelo previamente entrenado mediante una API REST en Flask para obtener sugerencias.

Entradas: JSON con las 17 mejores características de licitación.

Procesamiento: Envío de datos al endpoint `/predict` y gestión de la respuesta.

Salidas: Objeto JSON con sugerencia, probabilidades y explicación LIME.

Criterio de aceptación: Tiempo de respuesta ≤ 5 segundos con *payload* válido y respuesta en formato JSON válido.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 6

Sugerencia de duración de contrato

RF02 – Sugerencia de duración de contrato

Descripción: El sistema debe generar la duración estimada de un contrato de licitación en función de las características de entrada.

Entradas: 17 mejores características.

Procesamiento: Inferencia del modelo de recomendación.

Salidas: Clase de duración estimada.

Criterio de aceptación: La duración reportada debe coincidir con la clase de mayor probabilidad devuelta por el modelo.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 7

Selección de algoritmo

RF03 – Selección de algoritmo

Descripción: El sistema debe soportar la ejecución de dos algoritmos de machine learning (*Gradient Boosting* y *Random Forest*).

Entradas: Parámetro de selección de modelo (`random_forest` o `gradient_boosting`).

Procesamiento: Ejecución del modelo seleccionado.

Salidas: Predicciones diferenciadas según el algoritmo.

Criterio de aceptación: El usuario puede alternar entre modelos sin reiniciar el sistema.

Tabla 8

Procesamiento de 17 mejores características

RF04 – Procesamiento de 17 mejores características

Descripción: El sistema debe validar y procesar las 17 características definidas como entrada estándar.

Entradas: JSON con las características del contrato.

Procesamiento: Validación de obligatoriedad, tipos de datos y valores permitidos.

Salidas: JSON validado o mensajes de error en caso de inconsistencias.

Criterio de aceptación: Rechazo con error claro cuando falte algún campo obligatorio.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 9

Intervalos de duración en meses

RF05 – Intervalos de duración en meses

Descripción: El sistema debe devolver la categoría de duración más probable, representada en intervalo (mínimo–máximo) en meses.

Entradas: Salida de clase del modelo.

Procesamiento: Mapeo de clases a intervalos definidos (según ANNEX II, documento oficial TED).

Salidas: Intervalo de duración en meses.

Criterio de aceptación: Consistencia con las reglas establecidas de mapeo.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 10

Porcentaje de confianza

RF06 – Porcentaje de confianza

Descripción: El sistema debe calcular el porcentaje de confianza de la clase sugerida.

Entradas: Vector de salida del modelo.

Procesamiento: Normalización y selección de la clase más probable.

Salidas: Probabilidades por clase y nivel de confianza.

Criterio de aceptación: La suma de las probabilidades debe ser ≈ 1 .

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 11

Explicaciones LIME

RF07 – Explicaciones LIME

Descripción: El sistema debe generar explicaciones locales para cada recomendación mediante LIME.

Entradas: Instancia de entrada validada + modelo seleccionado.

Procesamiento: Ejecución de LIME sobre la sugerencia.

Salidas: Tabla ordenada de características con su influencia e interpretación

Criterio de aceptación: Características explicadas en cada sugerencia.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 12

Visualización de probabilidades por clase

RF09 – Visualización de probabilidades por clase
Descripción: El sistema debe representar gráficamente las probabilidades de cada clase de duración.
Entradas: Vector de probabilidades.
Procesamiento: Creación de gráfico de barras o sectores.
Salidas: Visualización integrada en la interfaz web.
Criterio de aceptación: Los valores gráficos deben coincidir con los reportados por el modelo.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 13

Conversión de meses a días

RF10 – Conversión de meses a días
Descripción: El sistema debe permitir la conversión de meses a días para unificar criterios de reporte.
Entradas: Valor en meses.
Procesamiento: Aplicación de la regla de conversión ($\approx 30,44$ días/mes).
Salidas: Valor convertido a días.
Criterio de aceptación: Consistencia en todas las recomendaciones generadas.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 14

Conversión de meses a años

RF11 – Conversión de meses a años
Descripción: El sistema debe permitir la conversión de meses a años cuando sea requerido.
Entradas: Valor en meses.
Procesamiento: Conversión 12 meses = 1 año.
Salidas: Valor en años.
Criterio de aceptación: Homogeneidad en todas las operaciones de conversión.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 15*Múltiples alternativas de duración*

RF12 – Múltiples alternativas de duración
Descripción: El sistema debe presentar al usuario tres alternativas de duración: conservadora, estándar y extendida.
Entradas: Sugerencia del modelo.
Procesamiento: Generación de escenarios adicionales mediante reglas de negocio (percentiles, rangos).
Salidas: Lista de alternativas de duración.
Criterio de aceptación: Visualización de al menos tres opciones diferenciadas.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 16*Validación de campos requeridos*

RF13 – Validación de campos requeridos
Descripción: El sistema debe validar todos los campos requeridos antes de enviar la solicitud al modelo.
Entradas: Formulario de usuario.
Procesamiento: Revisión de obligatoriedad y formato de datos.
Salidas: Mensajes de error o confirmación de validación.
Criterio de aceptación: El sistema no permite enviar la solicitud si existen campos incompletos o inválidos.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 17*Mapeo automático entre frontend y backend*

RF14 – Mapeo automático entre frontend y backend
Descripción: El sistema debe mapear automáticamente los nombres de atributos o campos enviados desde el frontend (formulario web) hacia los nombres esperados por el backend (modelo de inferencia en Flask). Esto asegura la compatibilidad semántica entre la interfaz de usuario y el motor de sugerencia, evitando errores por diferencias en nomenclatura.
Entradas: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Datos del usuario capturados en el formulario web (JSON enviado desde el frontend). ➤ Nombres de atributos definidos en la capa de presentación, que pueden diferir de los utilizados en el modelo.
Procesamiento: <ul style="list-style-type: none"> ➤ El sistema aplica un mapeo que asocia automáticamente los nombres del frontend con los correspondientes en el backend.

-
- Se consideran reglas predefinidas (ej.: normalización de mayúsculas/minúsculas, eliminación de espacios, sustitución de caracteres especiales).
 - Se valida que todos los campos requeridos tengan un mapeo válido.

Salidas:

- Objeto JSON estandarizado y transformado, con nombres de atributos compatibles con el modelo ML cargado en memoria.
- En caso de error, mensaje claro que identifique campos no reconocidos o no mapeados.

Criterio de aceptación:

- El sistema debe procesar correctamente el 100% de los campos requeridos provenientes del formulario.
- Las sugerencias deben ejecutarse sin errores atribuibles a discrepancias de nombres entre frontend y backend.
- El sistema debe rechazar y notificar de manera clara cualquier campo no reconocido o sin mapeo válido.

Nota: Elaborado por los autores.

La *Tabla 18* presenta el listado de los requerimientos no funcionales definidos e implementados en este trabajo. A continuación, se desarrollan sus especificaciones extendidas de formato narrativo, lo que permite detallar con mayor precisión sus alcances y consideraciones.

Tabla 18

Requerimientos No Funcionales

Código	Requerimiento No Funcional
RNF01	Tiempo de respuesta de predicción < 10 segundos.
RNF02	Procesamiento eficiente de LIME para explicabilidad.
RNF03	Validación de entrada para prevenir errores.
RNF04	Interfaz web accesible desde navegadores modernos.
RNF05	Mensajes de error claros e informativos.
RNF06	Formularios intuitivos para entrada de datos.

RNF07	Arquitectura REST para múltiples clientes.
RNF08	Modelos ML intercambiables sin cambiar lógica.
RNF09	Soporte para múltiples tipos de contratos.
RNF10	API JSON estándar para integración externa.
RNF11	Validación de coherencia en fechas y duraciones.
RNF12	Manejo de valores nulos o incompletos.
RNF13	Normalización automática de formatos de entrada.

Nota: Listado de los requerimientos no funcionales. Elaborado por los autores.

Tabla 19

Tiempo de respuesta de predicción

RNF01 – Tiempo de respuesta de predicción < 10 segundos
El sistema debe garantizar un rendimiento adecuado en la inferencia, respondiendo a las solicitudes de sugerencia en un tiempo no mayor a 10 segundos

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 20

Procesamiento eficiente de LIME para explicabilidad

RNF02 – Procesamiento eficiente de LIME para explicabilidad
El sistema debe optimizar la generación de explicaciones LIME para que no incremente significativamente el tiempo de respuesta y ofrezca interpretaciones en tiempo cercano al real.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 21

Validación de entrada para prevenir errores

RNF03 – Validación de entrada para prevenir errores
El sistema debe verificar que los datos ingresados cumplen con el formato y rango esperado, reduciendo riesgos de inconsistencias.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 22

Interfaz web accesible desde navegadores modernos

RNF04 – Interfaz web accesible desde navegadores modernos
El prototipo debe ser compatible con los principales navegadores (Chrome, Firefox, Edge, Safari), asegurando usabilidad sin instalación adicional.

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 23*Mensajes de error claros e informativos*

RNF05 – Mensajes de error claros e informativos
En caso de fallas, el sistema debe mostrar mensajes comprensibles para el usuario, indicando las causas y posibles acciones correctivas.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 24*Formularios intuitivos para entrada de datos*

RNF06 – Formularios intuitivos para entrada de datos
El diseño de la interfaz debe guiar al usuario en el llenado de los campos de entrada, reduciendo la curva de aprendizaje.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 25*Arquitectura REST para múltiples clientes*

RNF07 – Arquitectura REST para múltiples clientes
El backend debe estar basado en servicios REST que puedan ser consumidos por distintos clientes (web, móvil, otros sistemas).
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 26*Modelos ML intercambiables sin cambiar lógica*

RNF08 – Modelos ML intercambiables sin cambiar lógica
El sistema debe permitir el reemplazo de modelos de machine learning sin necesidad de modificar la lógica de negocio.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 27*Soporte para múltiples tipos de contratos*

RNF09 – Soporte para múltiples tipos de contratos
El sistema debe ser extensible para manejar distintos esquemas contractuales, garantizando escalabilidad.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 28*API JSON estándar para integración externa*

RNF10 – API JSON estándar para integración externa
Las respuestas del sistema deben generarse en formato JSON siguiendo convenciones estándar, facilitando la interoperabilidad.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 29*Validación de coherencia en fechas y duraciones*

RNF11 – Validación de coherencia en fechas y duraciones
El sistema debe verificar que las fechas y plazos sean lógicamente consistentes (inicio < fin, duraciones no negativas, etc.).
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 30*Manejo robusto de valores nulos o incompletos*

RNF12 – Manejo robusto de valores nulos o incompletos
Los algoritmos deben considerar estrategias para tratar valores faltantes sin afectar la estabilidad de las predicciones.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

Tabla 31*Normalización automática de formatos de entrada*

RNF13 – Normalización automática de formatos de entrada
El sistema debe estandarizar los datos de entrada (números, cadenas, fechas) antes de ser enviados al modelo.
<i>Nota:</i> Elaborado por los autores.

De esta manera se puede concluir el cumplimiento del segundo objetivo específico del presente trabajo, referente a la especificación de los requerimientos del prototipo en el desarrollo del proyecto.

Para dar respuesta al tercer objetivo: “*Implementar el prototipo de sistema web para que se integre al modelo de sugerencias de XAI mediante microservicio.*”, se desarrolló una investigación aplicada de carácter tecnológico. En esta etapa se materializó el diseño en un prototipo funcional que integra una API REST en Flask para la inferencia de modelos, gestionando datos en formato JSON y utilizando LIME en Python para generar explicaciones visuales de las recomendaciones.

Etapas de diseño

Se centró en la elaboración de prototipos de interfaz de usuario y la arquitectura general del sistema, incluyendo el diseño modular de los componentes frontend, backend, API y

microservicio de recomendación. Asimismo, se incluyó el diseño del flujo de integración con el modelo de inteligencia artificial y visualización de explicaciones XAI mediante gráficos LIME.

La implementación del prototipo se llevó a cabo mediante el desarrollo iterativo de módulos funcionales utilizando tecnologías web modernas.

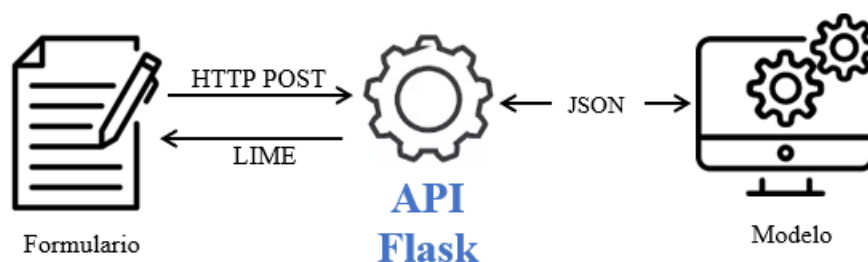
Se integraron librerías específicas para la manipulación de datos, comunicación API y presentación de resultados en formato interpretable para el usuario.

Arquitectura del prototipo

La arquitectura del prototipo desarrollado se basa en un enfoque modular de tres componentes que colaboran secuencialmente para responder a la sugerencia de la licitación correspondiente. La *Figura 3* muestra la arquitectura implementada en este proyecto.

Figura 3

Arquitectura del prototipo.



Nota: Elaborado por los autores.

Formulario

Corresponde a la interfaz de usuario cuya función es permitir el ingreso de la información requerida para obtener la sugerencia. Desarrollado en HTML y CSS, proporciona un entorno sencillo y accesible.

Funcionalidades principales:

- Formulario de ingreso de preferencias y características de la licitación.

- Visualización de sugerencias generadas por el modelo.
- Gráficos explicativos interactivos para facilitar la interpretación de resultados.

Tecnología: HTML y CSS.

Acción: Los datos ingresados por el usuario se envían mediante una solicitud HTTP POST en formato JSON hacia la API Flask.

Organización interna (Figura 4):

- La Sección 1 – Ingreso: corresponde a las mejores características seleccionadas en (Muñoz Solorzano & Vargas Peñafiel, 2024), detallada en la *Tabla 32*.
- La Sección 2 – Resultados: presenta la sugerencia de duración del contrato, el nivel de confianza, las alternativas de duración (conservadora, estándar y extendida), así como la información técnica asociada al modelo.

Figura 4

Formulario de ingreso de preferencias y visualización de sugerencias.

Formulario de Evaluación de Licitación

Seleccionar modelo:
Random Forest

Múltiples entidades contratantes:
No

Actúa en nombre de otros:
No

Tipo de contrato (Obras):
No

Tipo de autoridad:
☒ Agua, energía, transporte y telecomunicaciones
☐ European Union Institution
☐ Autoridad Regional

Clasificación de actividad:
☐ Trabajos de demolición
☒ Alimentos, bebidas, tabaco y productos afines
☐ Equipamiento y artículos médicos, farmacéuticos y de higiene personal

Actividad principal:

Sugerencia de Duración del Contrato

Duración Recomendada
101 meses
 Duración equilibrada (101.0 meses)

Nivel de Confianza: Media
 45.5% - Considerar análisis adicional

Opciones de Duración

Conservadora	Estándar	Extendida
68 meses	101 meses	134 meses
Para proyectos con alcances bien definidos	Para la mayoría de casos	Para proyectos complejos con incertidumbre
2087 días 8.7 años	3070 días 8.4 años	4074 días 11.2 años

Recomendaciones para el Contrato

- Establecer hitos semestrales de evaluación
- Incluir garantías de cumplimiento
- Cláusulas de revisión anual

Sección 1

Sección 2

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 32
Mejores características seleccionadas

Características	Descripción
CAE_TYPE_3	Tipo de autoridad contratante "Regional or local authority".
CAE_TYPE_4	Tipo de autoridad contratante "Water, energy, transport and telecommunications sectors".
CAE_TYPE_S	Tipo de autoridad contratante "European Union institution/agency".
ISO_COUNTRY_CODE_Ju	País Luxemburgo.
MAIN_ACTIVITY_general public\service	Actividad principal de tipo "general public\services".
NUMBER_AWARDS	Número de contratos otorgados.
LOTS_NUMBER	Número de lotes que son llamados a licitación.
NUMBER_OFFERS	Número de licitantes.
NUMBER_TENDERS_SME	Número de licitantes PYMES.
B_MULTIPLE_CAE_n	No hay múltiples autoridades contratantes.
BON_BEHALF_n	No se realiza desde otra entidad.
GROUP_CPV_15	Código de actividad de Alimentos, bebidas, tabaco y productos afines
GROUP_CPV_33	Código de actividad de Equipamiento y artículos médicos, farmacéuticos y de higiene personal
GROUP_CPV_45	Código de actividad de Trabajos de demolición
TYPE_OF_CONTRACT_w	Contrato de tipo obras (Workers)
MAIN_ACTIVITY_health	Actividad principal de tipo "Health"
ISO_COUNTRY_CODE_si	País Eslovenia

Nota: Detalle de las características más relevantes. Extraído de (Muñoz Solorzano & Vargas Peñafiel, 2024).

API Flask

Funciona como intermediario entre el *Formulario* y el *Modelo ML*. Su objetivo es gestionar la comunicación, garantizando el envío de datos y la recepción de respuestas en tiempo real.

Funcionalidades principales:

- Recepción de datos en formato JSON mediante HTTP POST.
- Procesamiento de solicitudes y envío de los datos hacia el modelo entrenado.
- Integración de la librería LIME para generar explicaciones interpretables de las predicciones.
- Respuesta al formulario con las sugerencias y explicaciones en formato JSON.

Tecnología: Python, Flask, LIME.

Acción: Orquesta el flujo de información, recibiendo la entrada del usuario y devolviendo sugerencias acompañadas de interpretabilidad.

Modelo

Procesa los datos y genera la sugerencia, que esta entrenado con los algoritmos Random Forest y Gradient Boosting. Este modelo incluye el Motor de Sugerencia y el Módulo de Explicación.

Funcionalidades principales:

- Procesa los datos de entrada y genera sugerencias de duración de contratos.
- Entrenado con los algoritmos Random Forest y Gradient Boosting.
- Incluye el *Motor de Sugerencia*, que estima la duración del contrato en base a sector, valor estimado y tipo de empresa.
- Incorpora el *Módulo de Explicación*, que utiliza LIME para mostrar las características más influyentes y la justificación de la sugerencia.
- Devuelve resultados estructurados en formato JSON, con sugerencia, nivel de confianza, alternativas de duración y explicaciones interpretables.

Tecnología:

- Python para el entrenamiento y ejecución de los modelos.
- LIME para la interpretabilidad.
- Exposición mediante un servicio REST para comunicación con el backend.

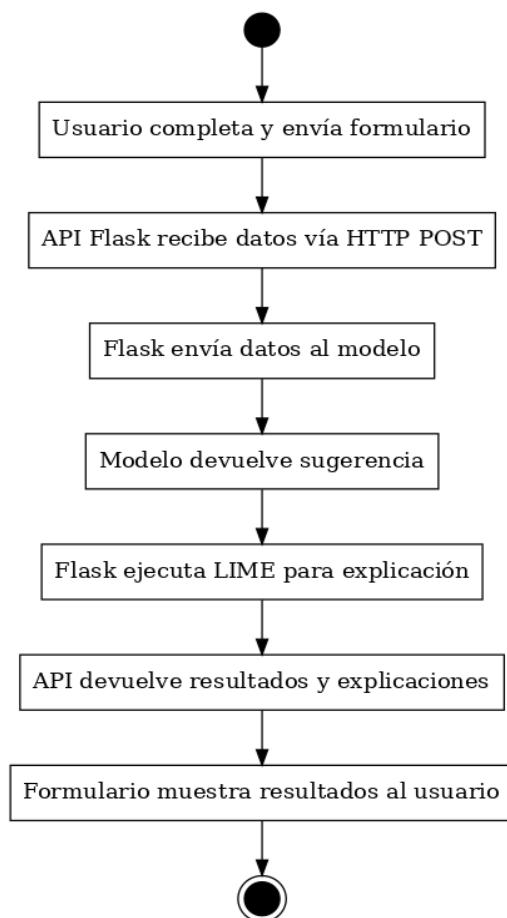
Acción:

- El modelo recibe los datos enviados por el formulario (vía API Flask).
- Procesa las características de entrada y aplica el algoritmo correspondiente (Random Forest o Gradient Boosting).
- Genera la sugerencia de duración y calcula la probabilidad de confianza.
- LIME interpreta la decisión y produce explicaciones visuales y textuales.
- Finalmente, la API devuelve al frontend un JSON con los resultados y explicaciones para su presentación al usuario.

La *Figura 5* muestra el diagrama de actividad de flujo resumido del sistema, donde interactúan todos los componentes que conforman la arquitectura diseñada.

Figura 5

Diagrama de actividad del flujo resumido del sistema.



Nota: Elaborado por los autores.

De esta manera se puede concluir el cumplimiento del tercer objetivo específico del presente trabajo, referente a la implementación del prototipo de sistema web inteligente.

Finalmente, para cumplir con el cuarto objetivo: “*Realizar pruebas y validaciones del sistema, verificando su correcto funcionamiento, usabilidad y cumplimiento de los requerimientos especificados.*” se realizó una investigación experimental orientada a las pruebas

y validaciones del prototipo. En esta etapa se verificó el correcto funcionamiento del sistema, su usabilidad y el cumplimiento de los requerimientos especificados.

La validación se efectuó mediante plan de pruebas que garanticen el cumplimiento de los criterios de aceptación de cada uno de los requerimientos funcionales y no funcionales definidos. El plan de pruebas propuesto está definido en el Anexo 11, en donde para la validación de la propuesta se llevó a cabo a través de juicio de expertos, quienes evaluaron el sistema a partir de un conjunto de preguntas pertenecientes a los siguientes indicadores: claridad, objetividad, actualidad, suficiencia, intencionalidad, consistencia, metodología y aplicabilidad. Cada indicador estuvo vinculado a una pregunta específica que permitió valorar el grado en que el prototipo respondía a las expectativas planteadas.

Para considerar válido el sistema, se estableció como criterio de aceptación que al menos el 70% de los expertos respondieran afirmativamente a cada uno de los indicadores. Este procedimiento garantizó la confiabilidad de la evaluación y permitió confirmar que el prototipo no solo cumple con los aspectos técnicos, sino que también resulta claro, útil y aplicable en el contexto real de la contratación pública en la Unión Europea.

Ejecución de Plan de Pruebas.

Para demostrar el cumplimiento de los requisitos del sistema, se han seleccionado varios requerimientos funcionales y no funcionales del plan de pruebas, cuyo detalle se muestra a continuación.

Figura 6
Respuesta del Modelo

```
return jsonify({
    "prediccion": str(pred[0]),
    "probabilidad": round(float(proba), 4),
    "grafico_probabilidades_base64": img_probab_base64,
    "reglas_por_clase": reglas_texto,
    "tabla_lime": tabla_lime,
    "duracion_meses_aproximada": mensaje_duracion,
    "mensaje_explicativo": mensaje_explicativo,
    "sugerencias_duracion": sugerencias_duracion,
    "sugerencia_principal": {
        "valor_meses": sugerencias_duracion["opcion_recomendada"]["valor"],
        "descripcion": sugerencias_duracion["opcion_recomendada"]["descripcion"]
    }
})
```

Nota: Elaborado por los autores.

La *Figura 6* pertenece a un endpoint en Flask (Python) que devuelve una respuesta en formato JSON usando jsonify. Lo que hace es preparar los resultados de un modelo de Machine Learning/IA para ser enviados al frontend.

Además, se realizó pruebas funcionales manuales para constatar que la interfaz web sea accesible desde navegadores modernos, que se especifican en la *Tabla 33*.

Tabla 33
Pruebas funcionales manuales

ID	Caso de Prueba	Procedimiento	Resultado
PC-01	Acceso desde Chrome en Windows	Abrir Google Chrome en Windows 11, ingresar la URL del sistema	La página carga completamente en menos de 5 segundos, sin errores de visualización
PC-02	Acceso desde Firefox en Windows	Abrir Mozilla Firefox en Windows 11, ingresar la URL del sistema	El portal carga correctamente, se muestra el diseño completo y se puede iniciar sesión

PC-03	Acceso desde Edge en Windows	Abrir Microsoft Edge en Windows 11, ingresar la URL del sistema	El portal carga correctamente y se puede navegar por las secciones
PC-04	Acceso desde Chrome en macOS	Abrir Google Chrome en macOS, ingresar la URL del sistema	Carga completa y funcionalidad intacta
PC-05	Navegación entre módulos	Ingresar con un usuario válido y navegar por todos los módulos del sistema	Todos los enlaces funcionan y las páginas se cargan correctamente
PC-06	Interacción con formularios	Acceder a formularios	Se permite escribir, seleccionar opciones y enviar datos sin errores

Nota: Elaborado por los autores.

Se constató que el sistema responde de manera estable y sin errores en los entornos evaluados (Chrome, Firefox y Edge en Windows), lo cual garantiza que el usuario final podrá acceder al portal desde los navegadores más comunes. Asimismo, la interacción con formularios demostró que el flujo de trabajo se mantiene coherente y libre de fallos, las pruebas confirman que la interfaz web del prototipo es funcional, accesible y consistente, lo que constituye un punto de partida positivo para su posterior validación en otros escenarios.

Reporte de Pruebas de Carga – Apache JMeter

Validar que el sistema responda a las solicitudes del usuario en un tiempo máximo de 10 segundos bajo condiciones de carga media, los resultados son evidenciado en la *Tabla 34*.

Herramienta utilizada: Apache JMeter 5.6.2

Fecha de ejecución: 02 de julio de 2025

Escenario de prueba:

- Usuarios concurrentes simulados: 25

- Ramp-up period: 20 segundos
- Duración total de prueba: 5 minutos
- Tipo de prueba: HTTP Requests simulando flujo normal de navegación (login, búsqueda, consulta de licitación, salida).

Tabla 34*Resultados de la prueba de carga.*

Métrica	Resultado	Límite aceptable	Cumple
Tiempo promedio de respuesta	3.42 segundos	≤ 10 s	✓
Tiempo máximo de respuesta	8.96 segundos	≤ 10 s	✓
Tiempo mínimo de respuesta	1.12 segundos	—	✓
Desviación estándar	1.23 s	—	✓

Nota: Elaborado por los autores.**Conexión al modelo de sugerencia.**

En la *Figura 7* corresponde a un endpoint en Flask para exponer un servicio web que recibe solicitudes POST con datos en JSON indicando el modelo a usar y las entradas para la sugerencia. El endpoint recibe esa información, la procesa y luego podría devolver una respuesta con la predicción.

Figura 7*Solicitud al modelo de IA*

```
@app.route("/predict", methods=["POST"])
def predict():
    try:
        data = request.json
        modelo_nombre = data.get("modelo")
        entrada_raw = data.get("entrada", {})
```

Nota: Elaborado por los autores.

La *Figura 8* corresponde a la interfaz de salida de un sistema de recomendación de duración de contratos. Presenta una sugerencia automatizada basada en el análisis de parámetros y se estructura en 3 secciones.

- La Sección 1 – Duración Recomendada: corresponde a la sugerencia de duración del contrato.
- La Sección 2 – Nivel de Confianza: presenta un indicador de confiabilidad de la recomendación. Esto representa un elemento de explicabilidad, ya que no solo entrega el resultado, sino que además alerta al usuario sobre el nivel de certeza.
- La Sección 3 – Opciones de Duración Alternativas: ofrece tres escenarios de duración.
 - Conservadora – 0 meses
 - Para proyectos con alcance bien definido.
 - Indica que no sería necesaria una extensión adicional.
 - Estándar – 34 meses (Recomendada)
 - Opción sugerida para la mayoría de los proyectos.
 - Se muestra como el equilibrio entre corto y largo plazo.
 - Extendida – 68 meses (5.7 años)
 - Para proyectos más complejos o con mayor incertidumbre.
 - Implica más recursos y tiempo, pero ofrece margen de seguridad.

Figura 8
Visualización de sugerencia.



Nota: Elaborado por los autores.

Beneficiarios directos e indirectos del proyecto

Beneficiarios directos:

- Proveedores y contratistas: especialmente pequeñas y medianas empresas que buscan nuevas oportunidades de licitación sin contar con departamentos jurídicos o tecnológicos.
- Profesionales independientes: que requieren identificar licitaciones por su cuenta en distintas plataformas oficiales europeas.

Beneficiarios indirectos:

- Instituciones públicas: al fomentar una mayor competitividad en sus procesos.
- Ciudadanía en general: al promover una contratación pública más abierta, transparente y eficiente.

Entregables del proyecto

Tabla 35

Entregables del proyecto detallado.

Entregables	Descripción
Prototipo del portal web	Aplicación web que incluye recomendación, visualización de sugerencias y explicación gráfica mediante XAI.
Modelo de sugerencia entrenado	Archivo en Python reutilizable en otros portales o plataformas gubernamentales.
Documentación técnica	Manual Técnico y de usuario.

Nota: Elaborado por los autores.

Propuesta

La propuesta consiste en un portal web inteligente que, a partir del perfil del usuario, genera recomendaciones personalizadas de licitaciones públicas vigentes, que se visualizan en la *Figura 9*, demostrando explicaciones gráficas para cada sugerencia basada en técnicas de IA explicable.

Figura 9
Visualización del prototipo

Formulario de Evaluación de Licitación

Seleccionar modelo:
Random Forest

Múltiples entidades contratantes:
No

Actúa en nombre de otros:
No

Tipo de contrato (Obras):
No

Tipo de autoridad:
☒ Agua, energía, transporte y telecomunicaciones
☐ European Union Institution
☐ Autoridad Regional
Selecciona al menos un tipo de autoridad

Clasificación de actividad:
☐ Trabajos de demolición
☒ Alimentos, bebidas, tabaco y productos afines
☐ Equipamiento y artículos médicos, farmacéuticos y de higiene personal
Selecciona al menos una clasificación de actividad

Actividad principal:
☐ Salud
☒ General servicios públicos
Selecciona exactamente una actividad principal

País:
☒ Luxemburgo (LU)
☐ Eslovenia (SI)
Selecciona exactamente un país

Número de adjudicaciones:
1

Número de lotes:
2

Número de ofertas:
2

Número de ofertas PYMES:
1

Obtener sugerencia

Sugerencia de Duración del Contrato

Duración Recomendada
101 meses
 Duración equilibrada (101.0 meses)

Nivel de Confianza: Media
 45.5% - Considerar análisis adicional

Opciones de Duración

Conservadora	Estándar	Extendida
68 meses	101 meses	134 meses
Para proyectos con alcance bien definido	Para la mayoría de casos	Para proyectos complejos con incertidumbre
2087 días 8.7 años	3070 días 8.4 años	4014 días 11.2 años

Recomendaciones para el Contrato

- Establecer hitos semestrales de evaluación
- Incluir garantías de cumplimiento
- Cláusulas de revisión anual

Análisis de Interpretabilidad del Modelo Random Forest

Información Técnica del Modelo
 Algoritmo: Random Forest
 Sugerencia: (67.611, 134.222)
 Confianza: 45.48%

Distribución de Probabilidades por Clase

Probabilidades por clase

Clase	Probabilidad
(933.556, 1000.187]	0.00
(87.811, 134.222]	0.45
(600.5, 667.111]	0.00
(467.278, 533.889]	0.00
(400.867, 467.278]	0.00
(334.056, 400.867]	0.00
(267.444, 334.056]	0.00
(200.833, 267.444]	0.00
(134.222, 200.833]	0.10
(113.388, 134.222]	0.00
(67.611, 113.388]	0.45

Nota: Elaborado por los autores.

Componentes clave del sistema:

- Input: Datos del usuario (intereses, sectores, historial).
- Motor de recomendación: Algoritmo entrenado que asocia perfiles con licitaciones relevantes.
- Módulo de XAI: Utiliza LIME para explicar qué variables influyeron en cada recomendación.
- Interfaz web: Panel visual que muestra las licitaciones sugeridas y sus explicaciones.

Criterios de Validación de la Propuesta

Para la validación del prototipo, se aplicará la técnica de juicio de expertos, que consiste en evaluar el software en función de criterios emitidos por expertos, que tienen la suficiente experiencia y conocimiento dentro del área desarrollo de software.

Tabla 36

Criterios de validación para juicios de expertos

Indicador	Criterio	Rango de aceptación
CLARIDAD	Se utiliza el lenguaje de programación apropiado que facilita la comprensión.	100 – 100
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables y medibles.	78.33 – 100
ACTUALIDAD	Esta acorde a los aportes presentes en la disciplina de estudio.	93.33 – 100
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.	80 – 100
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para valorar la variable seleccionada.	76.67 – 100
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos.	95 – 100
METODOLOGIA	El instrumento se relaciona con el método planteado en el proyecto.	80 – 100

Nota. Criterios de evaluación recopilados del Anexo7, donde los rangos de aceptación van en función de porcentaje de cumplimiento. Elaborado por los autores.

En la **Tabla 36** se muestran los criterios de evaluación aplicados, los mismos que han sido definidos en función de la especificación dada en el Anexo 7. Estos criterios permitirán concluir si el prototipo de aplicativo web cumple o no los criterios de aceptación para ser implementado. Un criterio de aceptación se considera válido siempre que la evaluación obtenida en él esté dentro del rango de aceptación. En la se presentan los perfiles de los expertos consultados para la aplicación de la técnica, quienes corresponden a profesionales con amplia trayectoria en el ámbito del desarrollo de software. La selección de estos participantes se fundamentó en su experiencia y conocimiento especializado, garantizando así la pertinencia y la validez de los juicios emitidos en el proceso de evaluación.

Tabla 37, se presentan los perfiles de los expertos consultados para la aplicación de la técnica, quienes corresponden a profesionales con amplia trayectoria en el ámbito del desarrollo de software. La selección de estos participantes se fundamentó en su experiencia y conocimiento especializado, garantizando así la pertinencia y la validez de los juicios emitidos en el proceso de evaluación.

Tabla 37

Expertos que realizaron la evaluación del prototipo web.

Nombre del Experto	Profesión	Años de Experiencia	Institución
Muñoz Solorzano	Ingeniero en Software	4	Gizlo como recurso hacia Telconet
Johanan Natanael	Ingeniero en Software	5	

Rodríguez Merchán Darwin	Máster en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial con mención en máquinas de aprendizaje	Bee Consultora y Negocio para Banistmo S.A.
Morales Muñoz Ronald Jossue	Ingeniero en Sistemas Computacionales	Sudamericana de Software

3

Nota: Elaborado por los autores.

La *Tabla 38* muestra las preguntas para la evaluación de los expertos, que están basadas en la *Tabla 36*.

Tabla 38
Cuestionario de validación para juicios de expertos.

Nº	Descripción
1	Indicador: Claridad Pregunta: ¿La interfaz y los mensajes del sistema son fáciles de entender?
2	Indicador: Objetividad Pregunta: ¿El prototipo presenta la información y resultados sin sesgos aparentes?
3	Indicador: Actualidad Pregunta: ¿Los datos y recursos que usa el prototipo provienen de fuentes recientes y confiables?
4	Indicador: Suficiencia Pregunta: ¿La información presentada es suficiente para tomar decisiones o realizar las tareas previstas?
5	Indicador: Intencionalidad Pregunta: ¿La funcionalidad del sistema está alineada con las necesidades de los usuarios?
6	Indicador: Consistencia Pregunta: ¿La apariencia visual y el comportamiento del prototipo son uniformes en todas las secciones?
7	Indicador: Metodología Pregunta: ¿El prototipo parece haberse desarrollado siguiendo una metodología de trabajo estructurada?
8	Indicador: Aplicabilidad Pregunta: ¿El prototipo puede aplicarse de forma práctica en el contexto real para el que fue diseñado?

Nota: Elaborado por los autores.

El análisis de resultados muestra los hallazgos obtenidos durante el estudio, así como la interpretación de los datos recopilados en los cuestionarios de juicios de expertos. El cuestionario de juicio de expertos consta de 8 preguntas diseñadas para evaluar la calidad del producto, a través de diferentes criterios de validación. especificados en la *Tabla 36*.

En el cuestionario se aplicó un calificativo de cumplimiento para la escala de 100 puntos, en dónde donde 100 significa que el sistema cumple completamente y 0 significa que el sistema no cumple en absoluto.

Tabla 39

Tabulación de resultados del cuestionario de juicio de expertos.

Indicador	Pregunta	E1	E2	E3	μ
Claridad	1	100	100	100	100,00
Objetividad	2	85	70	80	78,33
Actualidad	3	100	90	90	93,33
Suficiencia	4	90	70	80	80,00
Intencionalidad	5	80	75	75	76,67
Consistencia	6	100	90	95	95,00
Metodología	7	70	80	90	80,00
Aplicabilidad	8	95	100	100	98,33
Total		720	675	710	701.67

Nota: Elaborado por los autores.

En *Tabla 39* se tabulan los resultados de los cuestionarios realizados a los 3 expertos. La columna μ corresponde a la media de los resultados, los valores de cada indicador de μ están dentro de los rangos de criterio de aceptación establecidos en la *Tabla 36*. Aquí se destaca que los indicadores de claridad y aplicabilidad son quienes tienen la mayor puntuación con 100 y 98.33, y el indicador de intencionalidad es la más baja con 76.67.

Resultados

- Se desarrolló un sistema capaz de procesar 17 características relevantes de licitaciones públicas, aplicando algoritmos de Machine Learning (*Random Forest* y *Gradient Boosting*) para generar sugerencias de duración contractual. El prototipo integra además la conversión de unidades de tiempo (días, meses, años) y la presentación de múltiples alternativas de duración (conservadora, estándar y extendida).
- Se implementó un componente de XAI que permite interpretar cada sugerencia mediante explicaciones visuales y textuales. El sistema muestra la influencia positiva o negativa de cada característica sobre la decisión, gráficos de probabilidad por clase y resúmenes tabulares para aumentar la transparencia del modelo.
- El proyecto entregó un formulario web dividido en dos secciones: entrada de datos y visualización de resultados. Los usuarios pueden ingresar la información de la licitación y obtener como salida la duración sugerida, la probabilidad asociada, alternativas de duración y la explicación del modelo, todo presentado de manera clara y accesible.
- Se definió y ejecutó un plan de pruebas que cubre tanto requisitos funcionales como no funcionales. Esto permitió garantizar aspectos clave como: tiempo de respuesta menor a 10 segundos, compatibilidad con navegadores modernos, robustez ante entradas incompletas, mensajes de error claros y consistencia en el mapeo automático de campos entre frontend y backend.

Se aplicó un cuestionario de validación a tres expertos en el área, con el objetivo de evaluar la calidad del prototipo desarrollado en función de ocho indicadores: claridad, objetividad, actualidad, suficiencia, intencionalidad, consistencia, metodología y aplicabilidad. En general, los promedios obtenidos se encuentran dentro de los rangos de aceptación definidos, lo que valida la

pertinencia del prototipo y respalda su viabilidad como herramienta de apoyo en la gestión de licitaciones públicas.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La presente investigación logró demostrar la viabilidad y pertinencia del desarrollo de un prototipo de portal web inteligente orientado a la recomendación de licitaciones públicas, integrando técnicas de XAI para fomentar la transparencia y comprensión en los procesos de decisión automatizados. La incorporación de un modelo entrenado previamente en Python, consumido como microservicio desde el portal web, permitió generar sugerencias precisas, destacando además los factores que influyeron en cada recomendación a través del uso de LIME.

En un contexto donde los procesos de contratación pública son complejos, extensos y muchas veces inaccesibles para pequeños proveedores, esta propuesta representa un aporte tecnológico innovador que puede reducir barreras de acceso, mejorar la toma de decisiones y fortalecer la participación ciudadana en los procesos de licitación.

A continuación, se presentan de las conclusiones obtenidas, organizadas de acuerdo con los objetivos planteados al inicio de este trabajo:

- Objetivo 1: Se logró identificar un conjunto de investigaciones y desarrollos previos, que sirvieron como fundamento para determinar las metodologías y herramientas apropiadas para este proyecto. Entre ellas, se destacan los enfoques de XAI, en especial LIME. Esta etapa fue primordial para sustentar la aplicabilidad del sistema de recomendación en licitaciones públicas y delimitar el uso de tecnologías web modernas para su implementación. Además, se analizaron sistemas

similares en Europa (TED) que permitieron entender las mejores prácticas de aplicabilidad, claridad y automatización en contratación pública.

- Objetivo 2: Se elaboró satisfactoriamente la especificación de los requerimientos funcionales y no funcionales, los cuales guiaron el desarrollo del prototipo del portal web inteligente. Entre los aspectos más relevantes se encuentran: la sugerencia de la duración de la licitación, el consumo del modelo entrenado como microservicio y la visualización de recomendaciones utilizando técnicas XAI.
- Objetivo 3: Se desarrolló un prototipo funcional que incorpora un motor de sugerencias basado en inteligencia artificial y técnicas de explicabilidad. El modelo entrenado, fue desplegado como microservicio, permitiendo su integración eficiente con la plataforma web. Esta implementación no solo demuestra la viabilidad del enfoque propuesto, sino que también evidencia una solución modular que puede adaptarse a otros dominios. Las tablas generadas por LIME permitieron visualizar claramente los factores que influyen en la recomendación de cada licitación.
- Objetivo 4: Los resultados de la evaluación de los expertos indicaron un 98.3% de satisfacción en cuanto a la aplicabilidad en entornos reales, claridad de los resultados con un 100% y un 78.3% de objetividad en las recomendaciones emitidas gracias a la visualización de las variables relevantes. Las pruebas funcionales confirmaron la correcta integración entre el backend, frontend y el microservicio del modelo. Además, se cumplió en un alto grado con los requerimientos establecidos en la fase inicial.

Respuestas a las Preguntas de Investigación.

P1: ¿Cómo puede la inteligencia artificial explicable (XAI) aplicarse para justificar las recomendaciones de licitaciones públicas?

La aplicación de XAI en este prototipo se materializó mediante la integración de LIME, que genera interpretaciones visuales y textuales de cada recomendación. Esta técnica permitió identificar los factores más influyentes, en la selección de licitaciones para cada usuario. Esto demuestra que XAI no solo agrega valor en términos de transparencia, sino que también mejora la calidad percibida del prototipo.

Recomendaciones

- Promover el uso de inteligencia artificial explicable en plataformas gubernamentales para aumentar la confianza de los ciudadanos y proveedores.
- Integrar el sistema con fuentes oficiales de datos abiertos de contratación pública, tanto a nivel local como europeo (como TED de la UE).
- Mejorar la interfaz de usuario con retroalimentación continua basada en pruebas de accesibilidad y UX.
- Incluir un sistema de evaluación de relevancia de las recomendaciones para mejorar el entrenamiento del modelo mediante aprendizaje activo

Trabajos futuros

- Implementar algoritmos de aprendizaje profundo para mejorar la precisión y personalización de las recomendaciones.
- Considerar un proyecto en donde se emplee el experimento A que sugiera la actividad principal.
- Desarrollar una versión móvil del portal con funcionalidades adaptadas a usuarios que buscan licitaciones desde sus dispositivos.
- Incorporar métricas éticas y de equidad en el modelo para garantizar recomendaciones justas y no sesgadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, S., Abuhmed, T., El-Sappagh, S., Muhammad, K., Alonso-Moral, J. M., Confalonieri, R., Guidotti, R., Del Ser, J., Díaz-Rodríguez, N., & Herrera, F. (2023). Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence. *Information Fusion*, 99, 101805. <https://doi.org/10.1016/J.INFFUS.2023.101805>
- Amicone, A., Marangoni, L., Marceddu, A., & Miccoli, M. (2023). AI-Based Public Policy Making: A New holistic, Integrated and “AI by Design” Approach. *Proceedings - 19th International Conference on Distributed Computing in Smart Systems and the Internet of Things, DCOSS-IoT 2023*, 525–532. <https://doi.org/10.1109/DCOSS-IOT58021.2023.00087>
- Barredo Arrieta, A., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., Garcia, S., Gil-Lopez, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82–115. <https://doi.org/10.1016/J.INFFUS.2019.12.012>
- Bologna, G. (2021). A Rule Extraction Technique Applied to Ensembles of Neural Networks, Random Forests, and Gradient-Boosted Trees. *Algorithms 2021, Vol. 14, Page 339, 14(12)*, 339. <https://doi.org/10.3390/A14120339>
- DESARROLLO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN PROGRAMACIÓN. (n.d.).
- Ehlers, L. H., Jensen, M. B., & Schack, H. (2022). Competitive tenders on analogue hospital pharmaceuticals in Denmark 2017–2020. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, 15(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/S40545-022-00464-6/TABLES/3>
- European Commission. (2021). *State-of-play report on digital public administration and interoperability 2021*. 5–60. <https://doi.org/10.2799/546447>
- Figueroa-Gómez, Y., & Galpin, I. (2024). Identifying Public Tenders of Interest Using Classification Models: A Comparative Analysis. *SN Computer Science*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/S42979-023-02443-3/TABLES/2>
- García Illescas, D. A. (4 C.E.). *APLICACIÓN CON LECCIONES INTERACTIVAS PARA REFORZAR CONCEPTOS DEL LENGUAJE DE HOJAS DE ESTILO EN CASCADA (CSS)*. <https://biblio.ingenieria.usac.edu.gt/tesis24/T16662.pdf>
- García Martín, L. (2020). La influencia de las Directivas europeas en la contratación del sector público. *Revista de Estudios Europeos*, ISSN-e 2530-9854, ISSN 1132-7170, N°. 75 (Enero-Junio), 2020, Págs. 56-71, 75, 56–71. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7216841&info=resumen&idioma=ENG>
- García Rodríguez, M. J. (2022). *Tecnologías digitales para el control de la contratación pública*. <https://www.researchgate.net/publication/361209037>
- Guzmán Y Valle, E., Máter, A., Magisterio, D., Facultad, N., Ciencias, D. E., Moreno, M. A., & Portada, F. (2022). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN*.
- Hoekman, B., & Onur Taş, B. K. (2024). Discretion and public procurement outcomes in Europe*. *European Journal of Political Economy*, 82, 102525. <https://doi.org/10.1016/J.EJPOLECO.2024.102525>
- Holguera, F. P. (2021). *Sistemas de recomendación basados en filtrado colaborativo: Aceleración mediante computación reconfigurable y aplicaciones predictivas sensoriales. Informe Especial 28/2023: Contratación pública en la UE*. (n.d.).


































- Unión Europea. (2023). *Informe especial 28/2023: La contratación pública en la UE | Tribunal de Cuentas Europeo*. <https://www.eca.europa.eu/en/publications/sr-2023-28>
- Bigcode. (2024). *Introducción a Flask: Desarrollo Web en Python*. <https://bigcode.es/introduccion-a-flask-desarrollo-web-en-python/>
- Kossiakoff, A., Seymour, S. J., Flanigan, D. A., & Biemer, S. M. (2020). Systems engineering: Principles and practice: Third edition. *Systems Engineering Principles and Practice: Third Edition*, 1–651.
- Leobardo, S. E., & Román, L. (2013). *Metodología de la programación orientada a objetos*. <http://www.alfaomega.com.mx>
- Megina Gonzalo, A. (2022a). *Evaluación de modelos de Inteligencia Artificial Explicable: caso de uso con clasificadores de licitaciones públicas a partir de textos*.
- Megina Gonzalo, A. (2022b). *Evaluación de modelos de Inteligencia Artificial Explicable: caso de uso con clasificadores de licitaciones públicas a partir de textos*.
- Microservicios vs. Arquitecturas monolíticas | Comunidades SUSE. (n.d.). Retrieved August 14, 2025, from https://www.suse.com/c/rancher_blog/microservices-vs-monolithic-architectures/
- Miranzo Díaz, J. (2020). *Inteligencia Artificial Y Contratación Pública (Artificial Intelligence and Public Procurement)*. <https://papers.ssrn.com/abstract=3647414>
- Muñoz Solorzano, N., & Vargas Peñafiel, L. (2024). *MUÑOZ SOLORZANO - VARGAS PEÑAFIEL-signed-signed*.
- Portilla Olvera, E., & Lis Godoy, D. (2020). Un modelo híbrido de recomendación de etiquetas para sistemas de anotación social. *Enfoque UTE*, 11(4), 1–15. <https://doi.org/10.29019/ENFOQUEUTE.V11N4.640>
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software UNENFOQUE PRÁCTICO SÉPTIMA EDICIÓN*.
- Python Deep Learning: Introducción práctica con Keras y TensorFlow 2 - Jordi Torres - Google Libros*. (n.d.). Retrieved August 14, 2025, from https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=0XJ6EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR10&dq=python&ots=E3rQHCDHBS&sig=_r0sM6d7NRhX7VgW8d7IeaFJb7s#v=onepage&q=python&f=false
- Kenneth Lobato Lastra, Jaime Beneyto, & Javier Martínez Torres. (2024, March 12). *Qué es una plataforma inteligente | NTT DATA*. <https://es.nttdata.com/insights/blog/que-es-una-plataforma-inteligente>
- Quintana Ortega, P. (2024). *Inteligencia artificial aplicada al ámbito del comercio*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/71581>
- Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). “Why should i trust you?” Explaining the predictions of any classifier. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 13-17-August-2016*, 1135–1144. https://doi.org/10.1145/2939672.2939778/SUPPL_FILE/KDD2016_RIBEIRO_ANY_CLASSIFIER_01-ACM.MP4
- Salih, A. M., Raisi-Estabragh, Z., Galazzo, I. B., Radeva, P., Petersen, S. E., Lekadir, K., & Menegaz, G. (2025). A Perspective on Explainable Artificial Intelligence Methods: SHAP and LIME. *Advanced Intelligent Systems*, 7. <https://doi.org/10.1002/aisy.202400304>
- Sommerville, I. (2016). *Global Editions Software Engineering TENTH Edition*. www.pearsonglobaleditions.com
- Valderas Aranda, P. J. (2024). *HTML 5: Listas*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/212897>

ANEXOS

Anexo 1. Planificación de actividades del proyecto

Figura 10

Planificación de actividades del proyecto

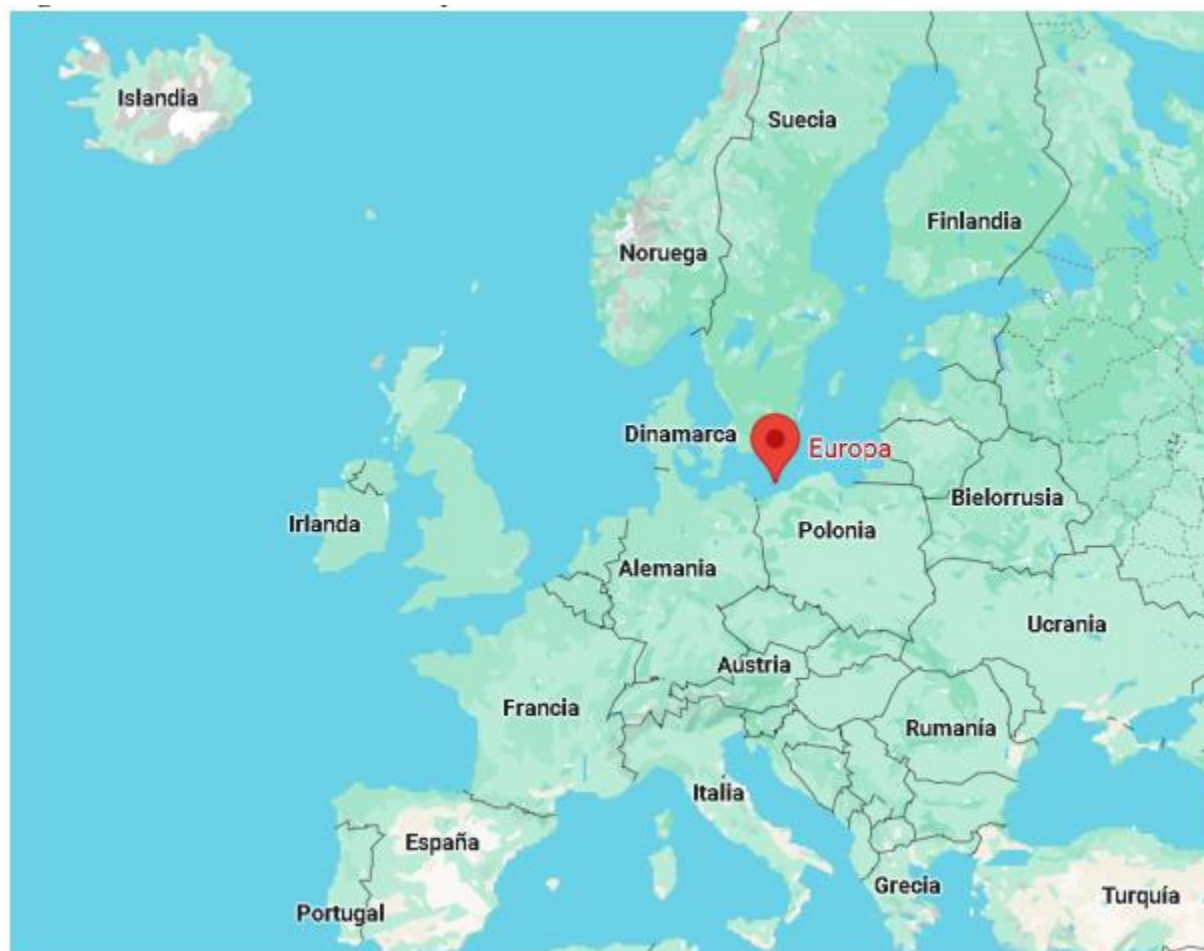
Id		Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
0		 Planificación de actividades del proyecto	80 días	mar 1/4/25	vie 18/7/25
1		 Revisión bibliográfica y antecedentes	4 días	mar 1/4/25	vie 4/4/25
2		 Definición de herramientas y tecnologías a usar	4 días	lun 7/4/25	jue 10/4/25
3		 Recolección de requerimientos del sistema	6 días	vie 11/4/25	vie 18/4/25
4		 Diseño del sistema (arquitectura, interfaz)	5 días	lun 21/4/25	vie 25/4/25
5		 Entrenamiento y ajuste del modelo de recomendación	9 días	sáb 26/4/25	lun 19/5/25
6		 Desarrollo del portal web (módulo de usuario)	7 días	mar 6/5/25	mié 14/5/25
7		 Desarrollo del portal web (módulo de recomendación)	11 días	jue 15/5/25	jue 29/5/25
8		 Integración del modelo con la aplicación (microservicio)	4 días	vie 30/5/25	mié 4/6/25
9		 Implementación de XAI (visualización LIME)	6 días	mié 4/6/25	mié 11/6/25
10		 Validación técnica y pruebas funcionales	4 días	jue 12/6/25	mar 17/6/25
11		 Pruebas de usabilidad y experiencia de usuario	5 días	mié 18/6/25	mar 24/6/25
12		 Aplicación de encuestas y recolección de feedback	5 días	mar 17/6/25	lun 23/6/25
13		 Análisis de resultados de validación	3 días	mar 24/6/25	jue 26/6/25
14		 Redacción de capítulo de análisis y discusión	5 días	vie 27/6/25	jue 3/7/25
15		 Revisión final y ajustes del sistema	7 días	vie 4/7/25	lun 14/7/25
16		 Preparación y entregables finales	4 días	mar 15/7/25	vie 18/7/25

Nota: Elaborado por los autores.

Anexo 2. Geolocalización del problema

Figura 11

Situado en el estado europeo



Nota: Elaborado por los autores.

Anexo 3. Fundamentación Legal

Las Normas Legales en un Proyecto de Integración Curricular.

Apoyo en leyes, estatutos, acuerdos, reglamentos, especialmente para proyectos especiales y factibles, debe escribir únicamente los artículos citados en la CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR; LEY ORGÁNICA DE EDUCACIÓN SUPERIOR (art. 21), REGLAMENTO DEL CONSEJO DE EDUCACIÓN SUPERIOR; LEY ORGÁNICA DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA; LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE REGISTRO DE DATOS PÚBLICOS; CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, BUEN VIVIR, etc.

El presente proyecto de integración curricular se fundamenta en la constitución, leyes y normas como se detalla a continuación

ARTÍCULO DE LA LOES	CONTEXTO
¿Qué regula la LOES? ART. 1 ÁMBITO	Esta Ley regula el sistema de educación superior en el país, a los organismos e instituciones que lo integran; determina derechos, deberes y obligaciones de las personas naturales y jurídicas, y establece las respectivas sanciones por el incumplimiento de las disposiciones contenidas en la Constitución y la presente Ley ARTÍCULO 1
¿Cuál es el Objeto de esta Ley? ART. 2 OBJETO	Esta Ley tiene como objeto definir sus principios, garantizar el derecho a la educación superior de calidad que propenda a la excelencia, al acceso universal, permanencia, movilidad y egreso sin discriminación alguna.
<u>Entre las funciones</u> ART. 4 DERECHO A LA EDUCACIÓN SUPERIOR	a) Garantizar el derecho a la educación superior mediante la docencia, la investigación y su vinculación con la sociedad, y asegurar crecientes niveles de calidad, excelencia académica y pertinencia; n) Garantizar la producción de pensamiento y conocimiento articulado con el pensamiento universal; y, ñ) Brindar niveles óptimos de calidad en la formación
Principio de Igualdad y Principio de Calidad	El principio de igualdad de oportunidades consiste en garantizar a todos los actores del Sistema de Educación Superior las mismas posibilidades en el acceso, permanencia, movilidad y egreso del sistema, sin discriminación de género, credo, orientación sexual, etnia, cultura, preferencia política, condición socioeconómica o discapacidad. El principio de calidad consiste en la búsqueda constante y sistemática de la excelencia, la pertinencia, producción óptima, transmisión del conocimiento y desarrollo del pensamiento mediante la autocrítica, la crítica externa y el mejoramiento permanente
ART. 87	Como requisito previo a la obtención del título, los y las estudiantes deberán acreditar servicios a la comunidad mediante prácticas o pasantías pre profesionales. debidamente monitoreadas. en los campos de su especialidad, de conformidad con los lineamientos generales definidos por el Consejo de Educación Superior.
ARTÍCULO 19.- DEL REGLAMENTO. - NÓMINA DE GRADUADOS Y NOTIFICACIÓN A LA SENESCYT	Las instituciones de educación superior notificarán obligatoriamente a la SENESCYT la nómina de los graduados y las especificaciones de los títulos que expida, en un plazo no mayor de treinta días contados a partir de la fecha de graduación. (...) este será el único medio oficial a través del cual se verificará el reconocimiento y validez del título en el Ecuador.

ARTÍCULO 144 PRINCIPIOS	Art. 144.- Tesis Digitalizadas. - Todas las instituciones de educación superior estarán obligadas a entregar las tesis que se elaboren para la obtención de títulos académicos de grado y posgrado en formato digital para ser integradas al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
------------------------------------	--

Elaboración: Investigadores.

Fuente: Ley Orgánica de Educación Superior.

ARTÍCULO DE LA CONSTITUCIÓN	CONTEXTO
ARTÍCULO 22	Establece: las personas tienen derecho a desarrollar su capacidad creativa, al ejercicio digno y sostenido de las actividades culturales y artísticas, y a beneficiarse de la protección de los derechos morales y patrimoniales que les correspondan por las producciones científicas, literarias o artísticas de su autoría.
ARTÍCULO 26	La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir.
ARTÍCULO 28	La educación responderá al interés público y no estará al servicio de intereses individuales y corporativos. Se garantizará el acceso universal, permanencia, movilidad y egreso sin discriminación alguna
ARTÍCULO 350	El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo
ARTÍCULO 355 primer y segundo inciso	El Estado reconocerá a las universidades y escuelas politécnicas autonomía académica, administrativa, financiera y orgánica, acorde con los objetivos del régimen de desarrollo y los principios establecidos en la Constitución

Elaboración: Autores.

Fuente: Ley Orgánica de Educación Superior.

FACTIBILIDAD LEGAL. - Comprende la viabilidad legal del proyecto, es decir, conocer los alcances y limitaciones relacionadas con el desarrollo de este.

- La viabilidad legal busca principalmente determinar la existencia de alguna restricción legal en la realización de un proyecto.
- Se busca determinar la existencia de normas o regulaciones legales que impidan la ejecución u operación del proyecto.
- Promover el desarrollo de proyectos sin problemas y dentro de las disposiciones legales.

- Pueden ser registrados y patentados.
- Este proyecto no transgrede ninguna norma, leyes o reglamentos establecidos en la Constitución del Ecuador ni en estamentos legales, por tanto, es factible su desarrollo y aplicación.

CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INVENCION

Artículo 104.- Obras susceptibles de protección. - La protección reconocida por el presente Título recae sobre todas las obras literarias, artísticas y científicas, que sean originales y que puedan reproducirse o divulgarse por cualquier forma o medio conocido o por conocerse. 12.-

SOFTWARE

Artículo 131.- Protección de software. - El software se protege como obra literaria. Dicha protección se otorga independientemente de que hayan sido incorporados en un ordenador y cualquiera sea la forma en que estén expresados, ya sea como código fuente; es decir, en forma legible por el ser humano; o como código objeto; es decir, en forma legible por máquina, ya sea sistemas operativos o sistemas aplicativos, incluyendo diagramas de flujo, planos, manuales de uso, y en general, aquellos elementos que conformen la estructura, secuencia y organización del programa. Se excluye de esta protección las formas estándar de desarrollo de software. En este sentido, los documentos y textos producidos en las Instituciones de Educación Superior desarrollados con el objeto de obtener sus grados académicos y/o trabajos de facultad, son autores intelectuales con el patrocinio de cada institución, por lo tanto, son acreedores a los derechos de protección intelectual dispuestos en la normativa vigente.

Anexo 4. Rubrica de Evaluación Docente Revisor

ANEXO VIII.- RÚBRICA DE EVALUACIÓN DOCENTE REVISOR DEL REVISOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA: SOFTWARE

Título del Trabajo: PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS			
Autor(es): CÓRDOVA REYES DIEGO XAVIER; SANCHEZ REYES XIMENA DEL CARMEN			
ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE MÁXIMO	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS
ESTRUCTURA Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA	3	2.9	
Formato de presentación acorde a lo solicitado.	0.6	0.6	
Tabla de contenidos, índice de tablas y figuras.	0.6	0.6	
Redacción y ortografía.	0.6	0.5	
Correspondencia con la normativa del trabajo de integración curricular.	0.6	0.6	
Adecuada presentación de tablas y figuras.	0.6	0.6	
RIGOR CIENTÍFICO	6	4.1	
El título identifica de forma correcta los objetivos de la investigación.	0.5	0.5	
La introducción expresa los antecedentes del tema, su importancia dentro del contexto general, del conocimiento y de la sociedad, así como del campo al que pertenece.	0.6	0.2	
El objetivo general está expresado en términos del trabajo a investigar.	0.7	0.7	
Los objetivos específicos contribuyen al cumplimiento del objetivo general.	0.7	0.7	
Los antecedentes teóricos y conceptuales complementan y aportan significativamente al desarrollo de la investigación.	0.7	0.3	
Los métodos y herramientas se corresponden con los objetivos de la Investigación.	0.7	0.3	
El análisis de la información se relaciona con datos obtenidos.	0.4	0.2	
Factibilidad de la propuesta.	0.4	0.3	
Las conclusiones expresan el cumplimiento de los objetivos específicos.	0.4	0.2	
Las recomendaciones son pertinentes, factibles y válidas.	0.4	0.2	
Actualización y correspondencia con el tema, de las citas y referencia Bibliográfica.	0.5	0.5	
PERTINENCIA E IMPACTO SOCIAL	1	1	
Pertinencia de la investigación/ Innovación de la propuesta.	0.4	0.4	
La investigación propone una solución a un problema relacionado con el perfil de egreso profesional.	0.3	0.3	
Contribuye con las líneas / sublíneas de investigación de la Carrera.	0.3	0.3	
CALIFICACIÓN TOTAL*10		8	
* El resultado será promediado con la calificación del Tutor y con la calificación de obtenida en la Sustentación oral.			
** El estudiante que obtiene una calificación menor a 7/10 en la fase de revisión, no podrá continuar a la siguiente fase (sustentación).			



Ing. Miguel Botto Tobar, MSc
C.I. 1204824328
FECHA: 06 08 2025

Anexo 5. Criterios éticos para utilizarse en el desarrollo del proyecto

Criterios	Características del criterio	Procedimientos
Credibilidad Valor de la verdad/autenticidad	Aproximación de los resultados de una investigación frente al fenómeno observado.	<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados son reconocidos "verdaderos" por los participantes. - Observación continua y prolongada del fenómeno. - Triangulación.
Transferibilidad Aplicabilidad	Los resultados derivados de la investigación cualitativa no son generalizables sino transferibles.	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción detallada del contexto y de los participantes. - Muestreo teórico. - Recogida exhaustiva de datos.
Consistencia Dependencia/replicabilidad	La complejidad de la investigación cualitativa dificulta la estabilidad de los datos. Tampoco es posible la replicabilidad del estudio.	<ul style="list-style-type: none"> - Triangulación - Empleo de evaluador externo. - Descripción detallada del proceso de recogida, análisis e interpretación de datos. - Reflexibilidad del investigador.
Confirmabilidad o Reflexibilidad Neutralidad / Objetividad	Los resultados de la investigación deben garantizar la veracidad de las descripciones realizadas por los participantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Transcripciones textuales de las entrevistas. - Contrastación de los resultados con la literatura existente. - Revisión de hallazgos por otros investigadores. - Identificación y descripción de limitaciones y alcances del investigador.
Relevancia	Permite evaluar el logro de los objetivos planteados y saber si se obtuvo un mejor conocimiento del fenómeno de estudio.	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración de nuevos planteamiento teóricos o conceptuales. - Comprensión amplia del fenómeno. - Correspondencia entre la justificación y los resultados obtenidos.
Adecuación teórica-epistemológica	Correspondencia adecuada del problema por investigar y la teoría existente.	<ul style="list-style-type: none"> - Contrastación de la pregunta con los métodos. - Ajustes de diseño.

Elaboración: Investigadores.

[Anexo 6. Certificado Porcentaje de Similitud

ANEXO VI. - CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS CARRERA DE SOFTWARE

Habiendo sido nombrado ANGEL EDUARDO CUENCA ORTEGA, tutor del trabajo de integración curricular certifico que el presente trabajo ha sido elaborado por DIEGO XAVIER CÓRDOVA REYES y XIMENA DEL CARMEN SÁNCHEZ REYES, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN SOFTWARE.

Se informa que el trabajo de integración curricular: PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio Turnitin quedando el 6 % de coincidencia.



turnitin 9 de 10: Cordova Diego Sanchez Ximena
TRABAJO CURRICULAR CORDOVA-SANCHEZ

Similitud 6% Marcar de alerta

PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS

PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN SOFTWARE

AUTOR(A):

Diego Xavier Córdova Reyes

Ximena del Carmen Sánchez Reyes

Informe estándar
Informe en inglés no disponible. Más opciones

6% Similitud estándar Filtros

30 Exclusiones →

Fuentes
Mostrar las fuentes solapadas

1 Internet
www.coursehero.com 1%

9 bloques de texto 82 palabras que coinciden

<https://ev.turnitin.com/app/carta/es?c=1&o=2722228826&lanu=es&u=1133713425>



ANGEL EDUARDO
CUENCA ORTEGA

ANGEL EDUARDO CUENCA ORTEGA
C.I. 0704172857
FECHA: 28 DE JULIO DE 2025

Anexo 7. Validación de expertos.

CONSTANCIA DE JUICIO DE EXPERTO

Guayaquil, 26 de julio del 2025

Estimado Ingeniero
Ing. Ángel Eduardo Cuenca Ortega, Msc
DOCENTE TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ciudad. -

El presente instrumento certifica que se realizó la revisión del proyecto de integración curricular "PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS." cuyos criterios e indicadores empleados permitieron articular el trabajo según se muestra en el documento *adjunto Juicio de Experto*, por tanto, Diego Xavier Córdova Reyes y Ximena del Carmen Sánchez Reyes estudiantes no titulados de la Carrera de Ingeniería de Software de la Universidad de Guayaquil, si pueden continuar con el proceso de titulación en vista que **no** existen observaciones.

Por lo actuado en el documento *Juicio de Experto*, se procede a validar el trabajo de titulación.

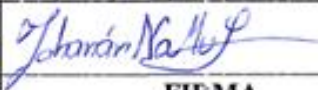
Sin otro particular.



Ing. JOHANAN NATANAEL MUÑOZ SOLORZANO
C.I. N° 1250184551

ANEXO 7. VALIDACION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO				TITULO PROFESIONAL DEL EXPERTO										AUTORES									
MUÑOZ SOLORZANO JOHANAN NATANAEL				Ingeniero de Software										DIEGO XAVIER CORDOVA REYES					XIMENA DEL CARMEN SANCHEZ REYES				
TÍTULO DEL PROYECTO				PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS.																			
INDICADOR	CRITERIO	DEFICIENTE				REGULAR				BUENA				MUY BUENA				EXCELENTE					
		0-20				21-40				41-60				61-80				81-100					
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
CLARIDAD	Se utiliza el lenguaje de programación apropiado que facilita la comprensión.																					X	
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables y medibles.																	X					
ACTUALIDAD	Esta acorde a los aportes presentes en la disciplina de estudio																					X	
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.																		X				
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para valorar la variable seleccionada																X						
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos.																					X	
METODOLOGÍA	El instrumento se relaciona con el método planteado en el proyecto.															X							
APLICABILIDAD	El instrumento es de fácil aplicación																				X		
Observaciones:	Hay errores con respecto a la interfaz que sesgan los datos del usuario hacia el modelo.																 FIRMA						
	No hay la comparativa de los experimentos usando la metodología cuasi-experimental.																						

CONSTANCIA DE JUICIO DE EXPERTO

Guayaquil, 26 de julio del 2025

Estimado Ingeniero
Ing. Ángel Eduardo Cuenca Ortega, Msc.
DOCENTE TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ciudad. -

El presente instrumento certifica que se realizó la revisión del proyecto de integración curricular "PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS." cuyos criterios e indicadores empleados permitieron articular el trabajo según se muestra en el documento *adjunto Juicio de Experto*, por tanto, Diego Xavier Córdova Reyes y Ximena del Carmen Sánchez Reyes estudiantes no titulados de la Carrera de Ingeniería de Software de la Universidad de Guayaquil, **(SÍ)** pueden continuar con el proceso de titulación en vista que **(NO)** existen observaciones.

Por lo actuado en el documento *Juicio de Experto*, se procede a validar el trabajo de titulación.

Sin otro particular.





Darwin Alexander
Rodríguez Merchán
Tiene la firma
electrónica válida

Ing. Darwin Alexander Rodríguez Merchán
C.I. 0942979360

ANEXO 7. VALIDACION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO		TITULO PROFESIONAL DEL EXPERTO												AUTORES								
Rodríguez Merchán Darwin Alexander		Ingeniero de Software												DIEGO XAVIER CORDOVA REYES				XIMENA DEL CARMEN SANCHEZ REYES				
TÍTULO DEL PROYECTO		Prototipo de portal web inteligente para un sistema de recomendación de licitaciones públicas.																				
INDICADOR	CRITERIO	DEFICIENTE				REGULAR				BUENA				MUY BUENA				EXCELENTE				
		0-20				21-40				41-60				61-80				81-100				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
CLARIDAD	Se utiliza el lenguaje de programación apropiado que facilita la comprensión.																					X
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables y medibles.														X							
ACTUALIDAD	Esta acorde a los aportes presentes en la disciplina de estudio																		X			
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.														X							
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para valorar la variable seleccionada															X						
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos.																		X			
METODOLOGIA	El instrumento se relaciona con el método planteado en el proyecto.																X					
APLICABILIDAD	El instrumento es de fácil aplicación																					X
Observaciones:	Utilizar técnicas para controlar el desbalance de los datos de prueba.																 <div> Darwin Alexander Rodriguez Merchan  </div>					
	Buscar umbral adecuado para obtener predicciones mas certeras y evitar sacrificar características importantes.																					
FIRMA																						

CONSTANCIA DE JUICIO DE EXPERTO

Guayaquil, 26 de julio del 2025

Estimado Ingeniero

Ing. Ángel Eduardo Cuenca Ortega, Msc.

DOCENTE TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ciudad. -

El presente instrumento certifica que se realizó la revisión del proyecto de integración curricular "PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS." cuyos criterios e indicadores empleados permitieron articular el trabajo según se muestra en el documento *adjunto Juicio de Experto*, por tanto, Diego Xavier Córdova Reyes y Ximena del Carmen Sánchez Reyes estudiantes no titulados de la Carrera de Ingeniería de Software de la Universidad de Guayaquil, (SÍ) pueden continuar con el proceso de titulación en vista que (NO) existen observaciones.

Por lo actuado en el documento *Juicio de Experto*, se procede a validar el trabajo de titulación.

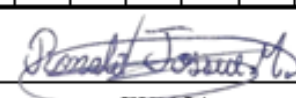
Sin otro particular.



Ing. Ronald Jossue Morales Muñoz
C.I. N° 0925543704

ANEXO 7. VALIDACION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO				TITULO PROFESIONAL DEL EXPERTO												AUTORES							
MORALES MUÑOZ RONALD JOSSUE				ING. EN SISTEMAS COMPUTACIONALES												DIEGO XAVIER CORDOVA REYES				XIMENA DEL CARMEN SANCHEZ REYES			
TÍTULO DEL PROYECTO				PROTOTIPO DE PORTAL WEB INTELIGENTE PARA UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE LICITACIONES PÚBLICAS																			
INDICADOR	CRITERIO	DEFICIENTE				REGULAR				BUENA				MUY BUENA				EXCELENTE					
		0-20				21-40				41-60				61-80				81-100					
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
CLARIDAD	Se utiliza el lenguaje de programación apropiado que facilita la comprensión.																					X	
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables y medibles.																X						
ACTUALIDAD	Esta acorde a los aportes presentes en la disciplina de estudio																		X				
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.																X						
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para valorar la variable seleccionada															X							
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos.																			X			
METODOLOGIA	El instrumento se relaciona con el método planteado en el proyecto.																		X				
APLICABILIDAD	El instrumento es de fácil aplicación																					X	
Observaciones:	Considero que las herramientas propuestas se encuentran a la altura del proyecto																 FIRMA						
	y proporcionaría mucha ayuda en el tema de licitaciones con un equipo potente																						
	que pueda manejar la data de manera mas eficiente.																						

Anexo 8. Acta de entrega y recepción definitiva

En la ciudad de Guayaquil, a 5 días del mes de agosto de 2025

Por el presente documento.

Los estudiantes no titulados de la Carrera de Software DIEGO XAVIER CORDOVA REYES con cédula de identidad N° 0954729240 y XIMENA DEL CARMEN SÁNCHEZ REYES con cédula de identidad N° 0952697738 hacemos la entrega del código fuente del proyecto de integración curricular a la Dirección de la Carrera de Software en un medio magnético.

Los códigos del programa/producto que se encargaron por compromiso al estar inserto en el proceso de integración curricular desde fecha Agosto de 2025.

Para efectos de dar cumplimiento a la entrega del código fuente, cedo todos los derechos de explotación sobre el programa y, en concreto, los de transformación, comunicación pública, distribución y reproducción, de forma exclusiva, con un ámbito territorial nacional.



Córdova Reyes Diego Xavier

Cédula de identidad N°0954729240



Sánchez Reyes Ximena del Carmen

Cédula de identidad N°0952697738

Elaboración: Investigadores.

Anexo 8. Manual técnico



Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Física

Carrera de Software

Manual Técnico

Diego Xavier Córdova Reyes
Ximena del Carmen Sánchez Reyes

ING. ÁNGEL CUENCA ORTEGA, PH.D

Índice

Introducción	126
Objetivo General.....	126
Objetivos Específicos	126
1. Descripción General del Sistema	127
2. Estructura del Proyecto.....	127
3. Configuración e Instalación	127
4. Modelo de Sugerencia.....	128
5. Explicabilidad con LIME.....	128
6. Interfaz de Usuario	129
7. Casos de Prueba	129
8. Mejoras Futuras.....	130
9. Funcionamiento General del Sistema.....	131
Resultados.....	131
Análisis.....	131

Introducción

El presente manual técnico describe el desarrollo del prototipo de un sistema web inteligente para la evaluación de licitaciones públicas, basado en modelos de clasificación y técnicas de explicabilidad (LIME). El sistema tiene como propósito apoyar la toma de decisiones en contextos contractuales, brindando sugerencias comprensibles para usuarios técnicos y no técnicos. La herramienta constituye parte de un proyecto de integración curricular orientado a mejorar la transparencia, eficacia y rapidez en el análisis de adjudicaciones.

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de portal web inteligente que permita la evaluación de licitaciones públicas mediante modelos de clasificación con soporte explicativo, facilitando la interpretación de los resultados para diferentes perfiles de usuarios.

Objetivos Específicos

1. Integrar modelos de clasificación (Random Forest y Gradient Boosting) entrenados con datos historicos reales de licitaciones.
2. Incorporar técnicas de explicabilidad como LIME para visualizar y justificar las sugerencias generadas.
3. Diseñar una interfaz web intuitiva que permita al usuario interactuar con el sistema, visualizar resultados y comprender las recomendaciones.
4. Validar el sistema mediante casos de prueba y análisis de resultados para medir su eficacia.

1. Descripción General del Sistema

Este sistema permite evaluar licitaciones públicas mediante modelos de clasificación Machine Learning (Random Forest y Gradient Boosting), acompañados de explicaciones generadas con LIME para mejorar la interpretabilidad. Está dirigido a usuarios técnicos y no técnicos que necesiten entender y justificar sugerencias en contextos de evaluación contractual.

2. Estructura del Proyecto

El proyecto está organizado de la siguiente manera:

➤ **/API/**

- **app.py**: archivo principal que contiene las rutas y lógica de servidor Flask.
- **/templates/**: contiene las vistas HTML (formulario).
- **/model/**: contiene el `modelos_experimento_B.pkl` entrenado.
- **/Util/**: funciones auxiliares como generación de LIME, reglas y tabla explicativa.

3. Configuración e Instalación

Requisitos:

- Python 3.8 o superior.
- Paquetes: Flask, flask-cors, pandas, joblib, lime, matplotlib.

Pasos de instalación:

1. Crear entorno virtual (opcional):

```
python -m venv venv
```

2. Instalar dependencias: pip install

```
-r requirements.txt
```

3. Ejecutar el terminal: python

```
run.py
```

4. Modelo de Sugerencia

Se utilizan dos modelos de clasificación entrenados:

- Random Forest
- Gradient Boosting

Ambos modelos reciben las mismas variables de entrada seleccionadas previamente como más relevantes según Proyecto FCI (fondos concursables internos de la UG)- directora Ing. María Fernanda Molina Miranda.

5. Explicabilidad con LIME

Se generan tres tipos de explicaciones:

- Imagen visual de probabilidad por clase
- Tabla con variables explicadas

6. Interfaz de Usuario

El sistema cuenta con una interfaz web intuitiva que permite al usuario:

- Seleccionar el modelo
- Ingresar características de la licitación
- Visualizar sugerencia y explicación visual

7. Casos de Prueba

Ejemplo de prueba:

- Múltiples entidades contratantes: NO
- Actúa en nombre de otros: NO
- Tipo de contratos(obras): NO
- Tipo de autoridad:
 - Agua, energía, transporte y telecomunicaciones.
- Clasificación de actividad:
 - Alimento, bebidas, tabaco y productos afines.
 - Equipamiento y artículos médicos, farmacéuticos y de higiene personal.
- Actividad principal: Salud.

- País: Eslovenia.
- Número de adjudicaciones: 1
- Número de lotes: 5
- Números de ofertas: 5
- Número de ofertas PYMEs: 1

Resultado esperado:

Según el análisis de las características ingresadas, se estima que la duración del contrato será de entre 67.611 y 134.222 meses el cual se mostrará desglosada en 3 opciones de duración: conservadora(mínimo), estándar(media) y extendida(máximo), junto con el gráfico de probabilidad de clase. Además, una tabla donde se expone las características: el tipo de contrato, número de ofertas, y la actividad principal de la autoridad contratante, etc.

8. Mejoras Futuras

- Guardar la sugerencia de las licitaciones.
- Uso de base de datos relacional (SQLite o PostgreSQL)
- Migración a HTTPS para producción.
- Visualizaciones LIME mejoradas y más interactivas.

9. Funcionamiento General del Sistema

El usuario seleccionara el modelo que usara para la sugerencia, luego ingresara los datos que solicita el formulario referente a la licitación, después obtendrá una sugerencia de duración mediante un intervalo con una breve explicación LIME.

Resultados

Durante las pruebas del sistema, se validaron diferentes escenarios de entrada, confirmando que el sistema devuelve resultados coherentes en cuanto la duración estimada que debería llevar un contrato

Análisis

El sistema demostró ser una herramienta eficaz para apoyar a los usuarios en la estimación de duración de contratos de licitaciones públicas. El uso combinado de modelos de clasificación y técnicas de explicabilidad mejora la confianza del usuario en el sistema, especialmente en entornos donde la transparencia es clave. Sin embargo, se evidenció la necesidad de ampliar la base de datos de entrenamiento y refinar los modelos para mejorar la generalización. También se identificó como área de mejora la experiencia de usuario en cuanto a la visualización interactiva y el almacenamiento de resultados.

Anexo 9. Manual de usuario



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Física
Software

Manual de usuario

Diego Xavier Córdova Reyes
Ximena del Carmen Sánchez Reyes

Ing. Ángel Cuenca

Índice

Introducción	3
1. Llenado del Formulario.....	3
2. Obtención de la Sugerencia	5
3. Interpretación de Resultados.....	5
6. Flujo Funcional del Sistema.....	8
7. Errores Comunes y Soluciones	9
8. Funcionamiento General del Sistema	9
Resultados.....	10
Análisis	10

Introducción

El presente manual tiene como propósito guiar al usuario en el uso adecuado de un sistema inteligente de sugerencia, diseñado para estimar la duración de una licitación pública mediante modelos de aprendizaje automático (Random Forest y Gradient Boosting). Esta herramienta está dirigida principalmente a usuarios no técnicos que requieren asistencia en la interpretación de procesos de adjudicación.

El sistema ofrece una sugerencia acompañada de explicaciones visuales mediante LIME, lo que permite comprender las variables que influyen en los resultados, promoviendo la transparencia y confianza en el proceso.

1. Llenado del Formulario

El usuario debe:

- Seleccionar el modelo de sugerencia a utilizar (Random Forest o Gradient Boosting).
- Completar todos los campos requeridos del formulario, que incluyen:
 - Número de ofertas recibidas.
 - Cantidad de adjudicaciones anteriores.
 - Existencia de múltiples entidades contratantes.
 - Actividad principal del proveedor.

- Otros parámetros relevantes según el caso de uso.

Es fundamental que todos los campos sean completados de forma precisa para garantizar una sugerencia fiable.

Formulario de Evaluación de Licitación

Seleccionar modelo:

Random Forest

Random Forest

Gradient Boosting

Múltiples entidades contratantes:

No

Actúa en nombre de otros:

No

Tipo de contrato (Obras):

No

Tipo de autoridad:

☒ Agua, energía, transporte y telecomunicaciones
☐ European Union Institution
☐ Autoridad Regional

⚠ Selecciona al menos un tipo de autoridad

Clasificación de actividad:

☐ Trabajos de demolición
☒ Alimentos, bebidas, tabaco y productos afines
☐ Equipamiento y artículos médicos, farmacéuticos y de higiene personal

⚠ Selecciona al menos una clasificación de actividad

Actividad principal:

☐ Salud
☒ General servicios públicos

⚠ Selecciona exactamente una actividad principal

País:

☒ Luxemburgo (LU)
☐ Eslovenia (SI)

⚠ Selecciona exactamente un país

Número de adjudicaciones:

1

Número de lotes:

2

Número de ofertas:

2

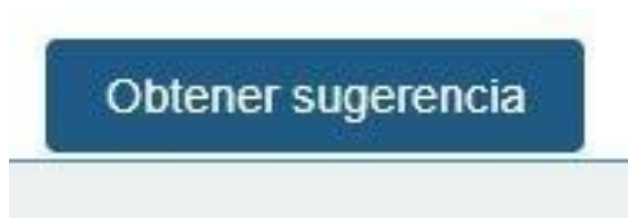
Número de ofertas PYMEs:

1

Obtener sugerencia

2. Obtención de la Sugerencia

Después de completar el formulario, haga clic en el botón **“Obtener sugerencia”**. El sistema procesará la información y mostrará en pantalla:



3. Interpretación de Resultados

El modelo predice la duración contractual mediante intervalos que representan valores mínimos y máximos estimados. Este intervalo (ej: 67.6 a 134.2 meses) corresponde a la categoría de duración más probable según el análisis de contratos históricos con características similares a las introducidas en el formulario.

El modelo expresa su confianza mediante una probabilidad, indicando qué tan seguro está de esta predicción. A partir de este intervalo, el sistema genera tres opciones prácticas: duración conservadora (valor mínimo), estándar (valor promedio) y extendida (valor máximo), permitiendo adaptar la planificación contractual según el nivel de riesgo deseado.

Además de la sugerencia, el sistema proporciona una breve explicación visual generada con LIME. Esta explicación permite identificar cuáles características influyeron de manera positiva o negativa en la decisión del modelo, facilitando la comprensión del resultado, incluso para usuarios sin conocimientos en inteligencia artificial.



Análisis de Interpretabilidad del Modelo Gradient Boosting

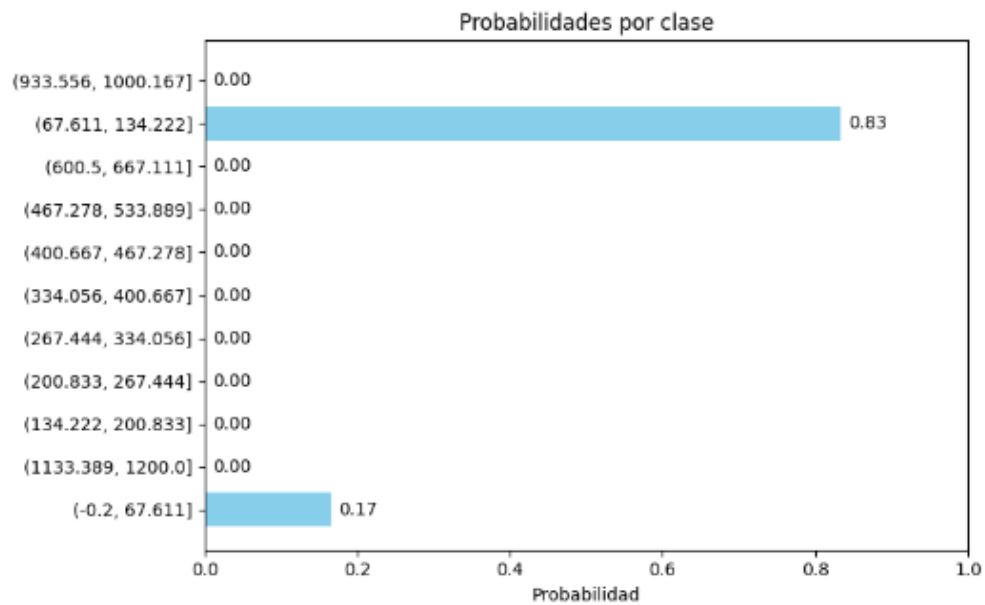
Información Técnica del Modelo

Algoritmo: Gradient Boosting

Sugerencia: (67.611, 134.222]

Confianza: 83.36%

Distribución de Probabilidades por Clase



Análisis de Interpretabilidad del Modelo (LIME)

Resultado de la sugerencia

Clasificación predicha: (67.611, 134.222]

Confianza estadística: Alta (83.36%)

Sugerencia estadísticamente robusta. El modelo muestra alta certeza en la clasificación.

Variables Explicativas del Modelo

Variable	Valor	Influencia	Interpretación
Múltiples Entidades Contratantes	0	↗ Positiva	Entidad única
Representación en Nombre de Terceros	0	↗ Positiva	Nombre propio
CPV 45: Trabajos de Construcción	0	↗ Positiva	No aplica
CPV 33: Equipamiento Médico	1	↗ Positiva	Sí aplica
CPV 15: Alimentos y Bebidas	0	↗ Positiva	No aplica
Tipo de Contrato: Obras	0	↗ Positiva	No es obra
Actividad Principal: Salud	1	↗ Positiva	Sector salud
País: Eslovenia	1	↗ Positiva	Eslovenia
Número de Adjudicaciones	1	↗ Positiva	1
Número de Lotes	5	↗ Positiva	5
Ofertas Recibidas	5	↗ Positiva	5
Ofertas de PYMEs	1	↗ Positiva	1
Autoridad Regional/Local	0	↗ Positiva	Otro tipo
Actividad Principal: Servicios Públicos	0	↗ Positiva	Otro sector
Autoridad Sectorial (Agua, Energía, Transporte)	1	↗ Positiva	Sectorial
Institución de la Unión Europea	0	↗ Positiva	Otro tipo
País: Luxemburgo	0	↗ Positiva	Otro país

6. Flujo Funcional del Sistema

A continuación, se describe de manera general el funcionamiento del sistema:

1. El usuario completa y envía el formulario desde la interfaz web.
2. La información es procesada por el modelo de Machine Learning.

3. El servidor retorna la sugerencia junto con una breve explicación LIME.
4. El resultado es mostrado al usuario en la interfaz.

7. Errores Comunes y Soluciones

Problema	Posible causa	Solución
El sistema no responde	El servidor Flask no está activo	Verifique que el servidor esté ejecutándose correctamente.
Aparece “Error interno”	-Campos incompletos o mal llenados. -Servidor Flask no activado.	Verifique que todos los campos del formulario estén correctamente completados. Verifique que se ejecutó prototipo desde run.py

Nota: Elaborado por autores.

8. Funcionamiento General del Sistema

El usuario seleccionara el modelo que usara para la sugerencia, luego ingresara los datos que solicita el formulario referente a la licitación, después obtendrá una sugerencia de duración mediante un intervalo con una breve explicación LIME.

Resultados

Durante las pruebas del sistema, se validaron diferentes escenarios de entrada, confirmando que el sistema devuelve resultados coherentes en cuanto la duración estimada que debería llevar un contrato

Análisis

El sistema demostró ser una herramienta eficaz para apoyar a los usuarios en la estimación de duración de contratos de licitaciones públicas. El uso combinado de modelos de clasificación y técnicas de explicabilidad mejora la confianza del usuario en el sistema, especialmente en entornos donde la transparencia es clave. Sin embargo, se evidenció la necesidad de ampliar la base de datos de entrenamiento y refinar los modelos para mejorar la generalización. También se identificó como área de mejora la experiencia de usuario en cuanto a la visualización interactiva y el almacenamiento de resultados.

Anexo 10. Artículo científico

Prototipo de Portal Web Inteligente con Inteligencia Artificial Explicable para la Estimación de la Duración de Contratos en Licitaciones Públicas de la Unión Europea

Autor 1, Diego Xavier Córdova Reyes, diego.cordovar@ug.edu.ec

Autor 2, Ximena del Carmen Sánchez Reyes, Ximena.sanchezr@ug.edu.ec

Resumen—

Este artículo presenta el diseño, desarrollo e implementación de un prototipo de portal web inteligente que integra un sistema de recomendación para la estimación de la duración óptima de contratos en licitaciones públicas de la Unión Europea. El prototipo se apoya en modelos de aprendizaje automático (Random Forest y Gradient Boosting) y en técnicas de Inteligencia Artificial Explicable (XAI), particularmente LIME, con el propósito de garantizar transparencia, trazabilidad y confianza en las recomendaciones generadas. La propuesta metodológica contempla la integración de un backend desarrollado en Python y Flask, con la gestión de información mediante archivos JSON, así como un frontend implementado con HTML, CSS y JavaScript. El sistema se validó mediante juicio de expertos, alcanzando un nivel de aceptación superior al 70% en indicadores de claridad, aplicabilidad y consistencia. Los resultados evidencian que la integración de técnicas de XAI en portales de licitaciones públicas representa un avance significativo hacia una contratación más transparente, eficiente y confiable.

Palabras clave— Contratación pública, Inteligencia Artificial Explicable, sistemas de recomendación, LIME, prototipo web, Unión Europea.

I. INTRODUCCIÓN

La contratación pública constituye uno de los pilares de la economía europea, al representar más del 14% del PIB de la Unión Europea (UE). En este contexto, garantizar procesos transparentes, eficientes y auditables resulta esencial para promover la competitividad y fortalecer la confianza en las instituciones. Uno de los principales retos es estimar de manera adecuada la duración de los contratos, puesto que este factor incide directamente en los plazos de ejecución, costos y riesgos asociados. Si la duración es demasiado corta, pueden generarse retrasos y sobrecostos; si es excesivamente larga, pueden perderse oportunidades de optimización o aparecer riesgos de dependencia con un único proveedor.

Actualmente, plataformas como TED (Tenders Electronic Daily) constituyen la fuente oficial para la publicación de licitaciones en Europa. Sin embargo, su alcance se limita principalmente a

la difusión y consulta de datos, sin incorporar sistemas inteligentes de recomendación ni mecanismos de explicabilidad. Esta carencia dificulta que las organizaciones licitantes y oferentes puedan priorizar oportunidades estratégicas de forma ágil y con un respaldo justificable. En consecuencia, resulta necesario explorar nuevas herramientas que, mediante Inteligencia Artificial Explicable (XAI), permitan no solo recomendar licitaciones relevantes, sino también justificar de manera clara y comprensible los motivos de dichas recomendaciones.

Este trabajo propone el desarrollo de un prototipo de portal web inteligente, capaz de integrarse con modelos de machine learning previamente entrenados, y de ofrecer a los usuarios explicaciones visuales de las recomendaciones obtenidas. La propuesta se sustenta en el enfoque de prototipado rápido y busca sentar las bases para el despliegue de soluciones que promuevan una gestión de licitaciones más ágil, transparente y fundamentada en datos.

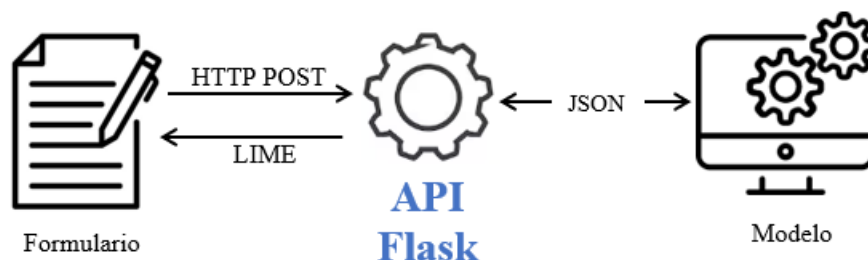
II. TRABAJOS RELACIONADOS

La literatura revisada evidencia avances importantes en la apertura de datos y en la creación de plataformas de licitaciones electrónicas. No obstante, persisten limitaciones en términos de personalización, usabilidad y transparencia algorítmica.

Estudios como los de García Martín (2020) y Miranzo Díaz (2020) resaltan que los sistemas de recomendación híbridos, que combinan filtrado basado en contenido y comportamiento del usuario, logran mejores resultados en términos de precisión y aceptación. Sin embargo, la ausencia de explicabilidad sigue siendo una barrera crítica para su adopción en contextos públicos.

Arrieta et al. (2020) definen la Inteligencia Artificial Explicable como el conjunto de métodos y técnicas que permiten a los usuarios comprender y auditar las decisiones tomadas por algoritmos de aprendizaje automático. Su inclusión resulta indispensable en dominios como la contratación pública, donde la transparencia y la trazabilidad son requisitos normativos y éticos. Asimismo, Megina Gonzalo (2022) evidenció que herramientas como LIME mejoran la comprensión y la confianza en las recomendaciones, mientras que Quintana Ortega (2024) demostró que la IA puede aplicarse eficazmente en la supervisión de procesos de contratación.

A pesar de estos aportes, no se ha identificado aún un prototipo integral que combine un sistema de recomendación con módulos de XAI y un diseño centrado en el usuario para el contexto europeo. Este vacío constituye la brecha que el presente proyecto busca abordar, aportando una propuesta funcional orientada tanto a la transparencia como a la usabilidad.



Nota: Elaborado por los autores.

III. METODOLOGÍA

La metodología aplicada corresponde al enfoque de prototipado, el cual permite diseñar, implementar y validar un modelo funcional inicial, para luego refinarlo iterativamente con base en la retroalimentación de expertos y usuarios. Este enfoque resulta particularmente adecuado para proyectos en los que la interacción y la experiencia del usuario constituyen factores clave de éxito.

El desarrollo del prototipo se realizó bajo el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC):

- Modelo: conformado por los algoritmos Random Forest y Gradient Boosting, previamente entrenados y validados.
- Vista: interfaz gráfica desarrollada en HTML, CSS y JavaScript.
- Controlador: API construida en Flask que conecta la vista con los modelos de recomendación y gestiona la comunicación mediante archivos JSON.

La explicabilidad se implementó con LIME en Python, lo que permitió generar explicaciones locales en forma de visualizaciones gráficas y tablas de relevancia de atributos. Esta integración asegura que los usuarios comprendan las razones detrás de cada sugerencia de duración contractual.

Para garantizar la validez metodológica, se definieron criterios de inclusión y exclusión: se consideraron únicamente licitaciones públicas con datos estructurados disponibles en fuentes oficiales de la UE, excluyendo procesos privados o con registros incompletos. La validación del prototipo se llevó a cabo mediante juicio de expertos, utilizando indicadores como claridad, objetividad, suficiencia, consistencia y aplicabilidad.

Categoría	Elemento	Descripción
-----------	----------	-------------

Metodología	Prototipo	Permite construir, evaluar y refinar una versión funcional inicial del sistema de manera iterativa, incorporando retroalimentación de usuarios y expertos.
	Análisis documental sistemático	Revisión de literatura científica y técnica para seleccionar metodologías, tecnologías y herramientas pertinentes.
	Patrón de diseño MVC	Separación de responsabilidades en Modelo, Vista y Controlador para mejorar la organización y escalabilidad del prototipo web.
Tecnología	Inteligencia Artificial Explicable (XAI) – LIME	Técnica para justificar y visualizar las recomendaciones del modelo, garantizando transparencia y trazabilidad.
	API REST con Flask	Medio de integración entre el prototipo web y el modelo de recomendación previamente entrenado.
Herramientas	Python	Lenguaje principal para la lógica de negocio, integración con el modelo y uso de LIME.
	Visual Studio Code	Entorno de desarrollo integrado (IDE) para la implementación del prototipo.
	Flask	Framework web ligero para construir la API REST y gestionar el frontend mediante plantillas.
	HTML, CSS, JavaScript	Lenguajes para el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario.
	Archivos JSON	Medio de almacenamiento y transferencia de datos de licitaciones para la ejecución local del sistema.

Nota. Elaborado por los autores.

IV. RESULTADOS

El prototipo desarrollado integró exitosamente los modelos de recomendación con las interfaces de usuario y el módulo de explicabilidad. El sistema permite a los usuarios ingresar datos de licitaciones en formato JSON, procesarlos mediante la API Flask y obtener como salida la predicción de duración del contrato acompañada de una explicación generada por LIME.

Durante la validación mediante juicio de expertos, se aplicó una encuesta con preguntas asociadas a indicadores de calidad del sistema. Los resultados obtenidos mostraron niveles de

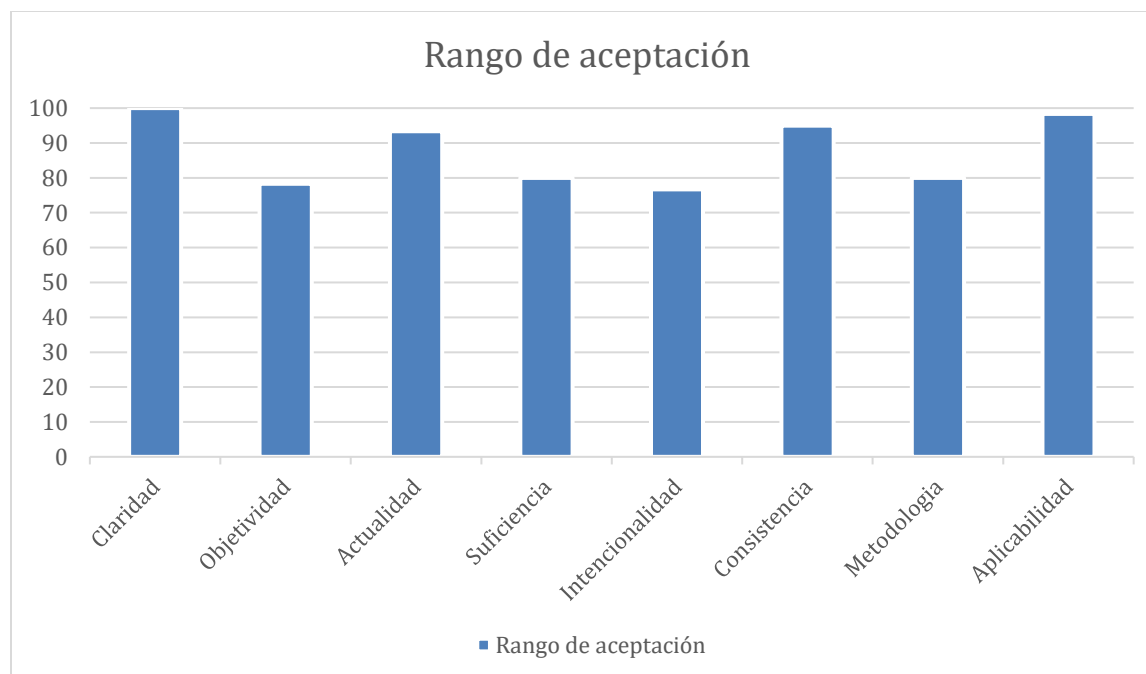
aceptación superiores al 70% en todos los indicadores, destacando especialmente la claridad de la interfaz y la aplicabilidad del prototipo en contextos reales.

A continuación, se muestran los indicadores evaluados:

Indicador	Pregunta	E1	E2	E3	μ
Claridad	1	100	100	100	100,00
Objetividad	2	85	70	80	78,33
Actualidad	3	100	90	90	93,33
Suficiencia	4	90	70	80	80,00
Intencionalidad	5	80	75	75	76,67
Consistencia	6	100	90	95	95,00
Metodología	7	70	80	90	80,00
Aplicabilidad	8	95	100	100	98,33
Total		720	675	710	701.67

Nota: Elaborado por los autores.

Asimismo, se registró un promedio de 78% en el nivel de aceptación global, lo cual supera el umbral mínimo establecido. Este resultado respalda la viabilidad del prototipo como herramienta complementaria en la gestión de licitaciones públicas.



Nota. Elaborado por los autores

V. DISCUSIÓN

La integración de XAI en el contexto de licitaciones públicas representa un avance hacia la transparencia y la legitimidad de los procesos automatizados. El prototipo demostró que es posible no solo recomendar duraciones de contratos, sino también explicar de forma clara los factores que influyen en cada sugerencia. Esto constituye un valor agregado frente a plataformas tradicionales, que carecen de capacidades de personalización y explicabilidad.

Sin embargo, el sistema presenta limitaciones. En primer lugar, depende de modelos previamente entrenados y no incorpora mecanismos de actualización automática con nuevas licitaciones. En segundo lugar, su ejecución local restringe la escalabilidad y el acceso en entornos de producción. Finalmente, aunque la validación mediante expertos alcanzó niveles satisfactorios, aún es necesario realizar pruebas con un mayor número de usuarios finales para robustecer los resultados.

A pesar de estas limitaciones, el prototipo constituye una base sólida para futuros desarrollos y abre la posibilidad de integrar nuevas técnicas de XAI como SHAP, Anchors o Contrafactuales, que podrían enriquecer las explicaciones y adaptarlas a diferentes perfiles de usuario.

VI. CONCLUSIONES

Este trabajo presentó el diseño e implementación de un prototipo de portal web inteligente para la gestión de licitaciones públicas de la Unión Europea, con integración de algoritmos de

recomendación y técnicas de Inteligencia Artificial Explicable. El sistema desarrollado permite no solo sugerir la duración de contratos, sino también justificar cada recomendación mediante explicaciones visuales generadas por LIME. La validación realizada mediante juicio de expertos confirmó que el prototipo cumple con indicadores clave como claridad, suficiencia y aplicabilidad, alcanzando niveles de aceptación superiores al 70%.

En conclusión, la propuesta constituye un aporte significativo hacia la modernización y transparencia de la contratación pública en Europa. Como líneas de trabajo futuro, se plantea la integración del sistema con plataformas oficiales como TED, la incorporación de técnicas avanzadas de XAI y la validación con un mayor número de usuarios y casos de estudio reales.

REFERENCIAS

- [1] A. B. Arrieta, N. Díaz-Rodríguez, J. Del Ser, A. Bennetot, S. Tabik, A. Barbado, et al., “Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI,” *Information Fusion*, vol. 58, pp. 82–115, 2020.
- [2] G. Martín, “Sistemas de recomendación híbridos en licitaciones públicas,” 2020.
- [3] M. Díaz, “Aplicaciones de sistemas de recomendación en contratación pública,” 2020.
- [4] M. Gonzalo, “Aplicación de LIME en clasificación de licitaciones,” 2022.
- [5] Q. Ortega, “Supervisión de licitaciones mediante IA,” 2024.
- [6] European Commission, “Public Procurement Indicators 2022,” Publications Office of the European Union, 2023.
- [7] European Commission, “Study on Big Data and B2G data sharing for public procurement,” 2021.
- [8] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*, 9th ed. McGraw-Hill, 2020.
- [9] I. Goodfellow, Y. Bengio and A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
- [10] M. T. Ribeiro, S. Singh and C. Guestrin, “Why Should I Trust You?: Explaining the Predictions of Any Classifier,” in *Proc. 22nd ACM SIGKDD*, 2016.

Anexo 11. Plan de Prueba



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Física
Software

Plan de pruebas Requerimientos
Funcionales y
No Funcionales

Diego Xavier Córdova Reyes
Ximena del Carmen Sánchez Reyes

Ing. Ángel Cuenca

Índice

<u>1. Objetivo</u>	5
<u>2. Alcance</u>	5
<u>3. Entorno de pruebas</u>	6
<u>4. Roles</u>	6
<u>5. Estrategia</u>	7
<u>6. Pruebas Funcionales (RF01–RF15)</u>	7
<u>RF01 Conexión con el modelo</u>	7
<u>RF02 Sugerencia de duración</u>	8
<u>RF03 Selección de algoritmo (GB/RF)</u>	9
<u>RF04 Procesamiento de 17 características</u>	10
<u>RF05 Intervalos de duración en meses</u>	11
<u>RF06 Probabilidades de confianza</u>	12
<u>RF07 Explicaciones LIME</u>	13
<u>RF08 Influencia positiva/negativa</u>	14
<u>RF09 Visualización de probabilidades</u>	15
<u>RF10 Conversión días→meses</u>	16
<u>RF11 Conversión meses→años</u>	17
<u>RF12 Alternativas (conservadora/estándar/extendida)</u>	17
<u>RF13 Validación de campos requeridos (UI)</u>	18
<u>RF14 Mapeo automático frontend↔backend</u>	18

7. Pruebas No Funcionales (RNF01–RNF17)	19
<u>RNF01-Perf – Latencia de predicción</u>	19
<u>RNF02-XAI – Overhead LIME</u>	19
<u>RNF04-Val – Validación de entrada</u>	20
<u>RNF16-Nulls – Manejo de nulos</u>	22
<u>RNF17-Norm – Normalización automática</u>	22
<u>RNF05-UX – Compatibilidad de navegadores</u>	24
<u>RNF06-Msg – Mensajes de error</u>	26
<u>RNF08-Forms – Formularios intuitivos</u>	26
<u>RNF09-REST – Consumo multi-cliente</u>	27
<u>RNF10-TiposContrato – Soporte múltiple</u>	27
<u>RNF11-APIJSON – Esquema estándar</u>	28

Índice de Figuras

<u>Figura 1</u> Conexión con el modelo.....	8
<u>Figura 2</u> Retorno de clase de duración coherente	9
<u>Figura 3</u> Selección de algoritmo	10
<u>Figura 4</u> Procesamiento de 17 características	11
<u>Figura 5</u> Intervalos de duración en meses.....	12
<u>Figura 6</u> Anexx II-Calculatión of duration	12
<u>Figura 7</u> Nivel de confianza.....	13
<u>Figura 8</u> Código de la probabilidad de confianza	13
<u>Figura 9</u> Explicaciones LIME.....	14
<u>Figura 10</u> Influencia positiva/negativa	15
<u>Figura 11</u> Visualización de probabilidades.....	16
<u>Figura 12</u> Conversión días a meses.....	16
<u>Figura 13</u> Conversión meses a años.....	17
<u>Figura 14</u> Código para el cálculo de alternativas.....	17
<u>Figura 15</u> Alternativas (conservadora/estándar/extendida)	18
<u>Figura 16</u> Validación de campos requeridos.....	18
<u>Figura 17</u> Mapeo automático frontend↔backend	19
<u>Figura 18</u> Latencia de Sugerencia.....	20
<u>Figura 19</u> Validación de entrada.....	21
<u>Figura 20</u> Manejo de nulos	22
<u>Figura 21</u> Normalización automática.....	23
<u>Figura 22</u> Compatibilidad de navegadores-Edge.....	25

<u>Figura 23</u> Compatibilidad de navegadores-Google Chrome	25
<u>Figura 24</u> Compatibilidad de navegadores-FireFox	26
<u>Figura 25</u> Mensajes de error	26
<u>Figura 26</u> Formularios intuitivos	27
<u>Figura 27</u> Consumo multi-cliente	27
<u>Figura 28</u> Soporte múltiple	28
<u>Figura 29</u> Esquema estándar	28

1. Objetivo

Verificar rigurosamente que el prototipo web desarrollado cumple con los requerimientos funcionales (RF01–RF15) y no funcionales (RNF01–RNF17), asegurando que las funcionalidades implementadas se ajusten a las especificaciones definidas y que el sistema, en su conjunto, satisfaga criterios de calidad tales como rendimiento, seguridad, usabilidad, compatibilidad y robustez. Este proceso de validación busca garantizar la confiabilidad, pertinencia y adecuación del prototipo al contexto de aplicación previsto, contribuyendo a la consolidación de una solución tecnológica alineada con los estándares de la ingeniería de software y las necesidades del dominio de la contratación pública.

2. Alcance

El presente plan de prueba contempla la realización de pruebas orientadas a garantizar el correcto funcionamiento del prototipo web en distintos niveles de verificación. En este sentido, se incluyen las pruebas unitarias sobre los componentes de la API y los servicios asociados, las pruebas de integración que abarcan el flujo completo entre el formulario de entrada, la API, el modelo de recomendación y el módulo de explicabilidad (LIME), así como la evaluación de la interfaz de usuario (UI/UX) para asegurar la coherencia en la experiencia de navegación. De igual manera, se consideran pruebas de rendimiento en entorno local, orientadas a verificar tiempos de respuesta básicos, y ejercicios de usabilidad mediante juicio de expertos, con el fin de validar la claridad, consistencia y pertinencia de la interacción del usuario. Finalmente, se revisará la conformidad en

los formatos JSON, garantizando que los datos intercambiados cumplan con los estándares establecidos para la interoperabilidad.

No obstante, el alcance de este plan excluye actividades relacionadas con el reentrenamiento de modelos de aprendizaje automático, la ejecución de procesos de extracción, transformación y carga (ETL) o análisis exploratorio de datos (EDA), así como las pruebas vinculadas a despliegues en infraestructura en la nube. Dichas actividades corresponden a fases posteriores o a otros procesos complementarios que exceden los objetivos de validación definidos en esta etapa.

3. Entorno de pruebas

- Ejecución **local**.
- **Backend:** Python 3.x, Flask (API REST), modelos RF/GB cargados.
- **Frontend:** HTML/CSS/JS (plantillas Flask).
- **Datos:** archivos JSON de prueba representativos.
- **Librerías XAI:** LIME (Python).

4. Roles

- QA / Investigador responsable de pruebas.
- Desarrollador backend (Flask/Modelos).
- Desarrollador frontend (UI).
- Expertos para validación por juicio (objetivo 4; umbral $\geq 70\%$ de aceptación).

5. Estrategia

- **Trazabilidad:** Matriz RF/RNF ↔ Casos de prueba.
- **Aprobación:** un RF se considera aprobado si todos sus casos asociados cumplen criterios; un RNF se aprueba si la métrica/umbral establecido se alcanza.

6. Pruebas Funcionales (RF01–RF15)

RF01 Conexión con el modelo

- **CP-RF01-01** – Invocar /predict con JSON válido

Pre: API y modelo activos.

Pasos: POST JSON completo (17 features).

Resultado: HTTP 200; JSON con prediccion, probabilidades, explicacion.

Criterio: respuesta ≤ 2 s; esquema JSON válido.

Figura 12
Conexión con el modelo

```

formulario.html | PROCESO_MODELADO.ipynb | app.py M X
API > app.py > ...
355 def predict():
402     print(f"Valores de entrada:")
403     for col in df.columns:

PROBLEMS | OUTPUT | DEBUG CONSOLE | TERMINAL | PORTS

* Debugger is active!
* Debugger PIN: 187-118-811
* Detected change in 'C:\\Users\\dxcor\\Desktop\\Proyecto_Tesis_2025\\API\\app.py', reloading
* Restarting with stat
Modelos cargados correctamente
Features disponibles: 17
Clases del modelo: 11
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 187-118-811
Entrada cruda desde el frontend:
{
  "B_MULTIPLE_CAE_n": 0,
  "B_ON_BEHALF_n": 0,
  "TYPE_OF_CONTRACT_w": 0,
  "NUMBER_AWARDS": 1,
  "LOTS_NUMBER": 2,
  "NUMBER_OFFERS": 2,
  "NUMBER_TENDERS_SME": 1,
  "CAE_TYPE_4": 1,
  "CAE_TYPE_5": 0,
  "CAE_TYPE_3": 0,
  "GROUP_CPV_45": 0,
  "GROUP_CPV_15": 1,
  "GROUP_CPV_33": 0,
  "MAIN_ACTIVITY_health": 0,
  "MAIN_ACTIVITY_general_public_services": 1,
  "ISO_COUNTRY_CODE_lu": 1,
  "ISO_COUNTRY_CODE_si": 0
}

```

RF02 Sugerencia de duración

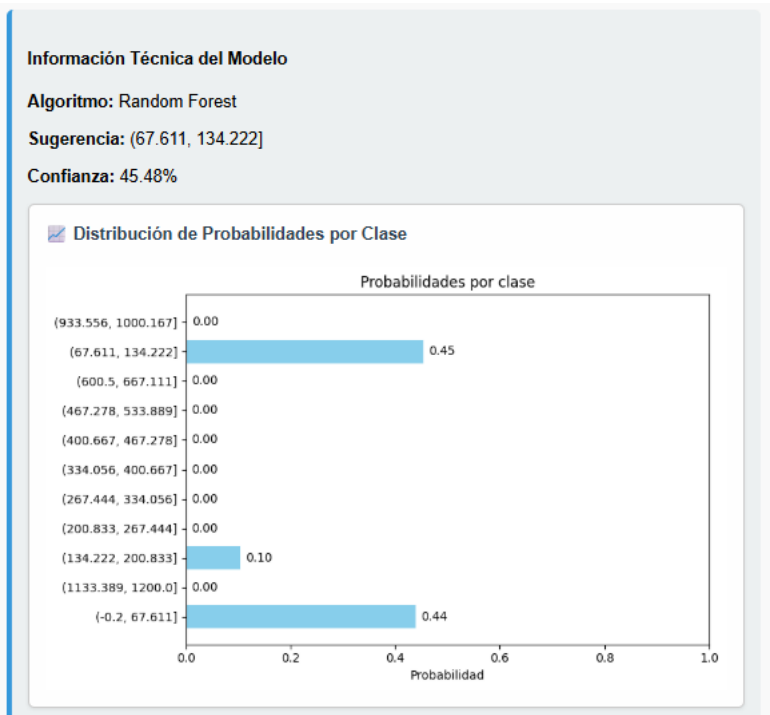
➤ CP-RF02-01 – Retorno de clase de duración coherente

Pre: payload válido.

Pasos: POST; leer predicción.

Resultado: clase devuelta coincide con mayor probabilidad.

Criterio: coherencia prob/clase.

Figura 13*Retorno de clase de duración coherente***RF03 Selección de algoritmo (GB/RF)**

- **CP-RF03-01** – Alternar modelo por parámetro

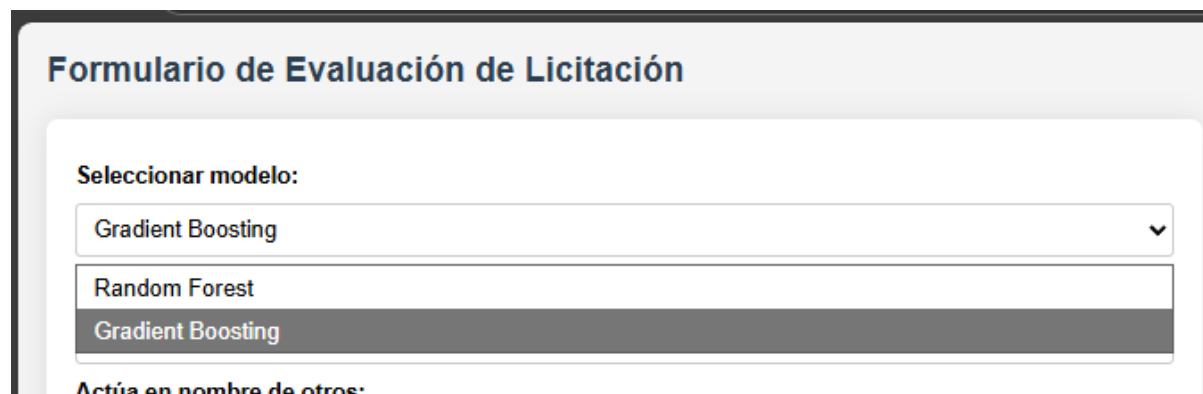
Pre: ambos modelos cargados.

Pasos: invocar con modelo=rf; luego modelo=gb.

Resultado: respuestas etiquetadas por modelo.

Criterio: conmutación sin reinicio; sin error 5xx.

Figura 14
Selección de algoritmo



Formulario de Evaluación de Licitación

Seleccionar modelo:

Gradient Boosting ▼

Random Forest

Gradient Boosting

Actúa en nombre de otros:

RF04 Procesamiento de 17 características

➤ **CP-RF04-01** – Validación de esquema

Pre: API activa.

Pasos: omitir 1 campo; enviar tipo inválido.

Resultado: HTTP 400 y mensaje claro.

Criterio: lista de errores legible; no se procesa inferencia.

Figura 15
Procesamiento de 17 características

Tipo de autoridad:

☒ Agua, energía, transporte y telecomunicaciones
☐ European Union Institution
☐ Autoridad Regional

⚠ Selección al menos un tipo de autoridad

Clasificación de actividad:

☐ Trabajos de demolición
☒ Alimentos, bebidas, tabaco y productos afines
☐ Equipamiento y artículos médicos, farmacéuticos y de higiene personal

⚠ Selección al menos una clasificación de actividad

Actividad principal:

☒ Salud
☐ General servicios públicos

⚠ Selección exactamente una actividad principal

País:

☐ Luxemburgo (LU)
☒ Eslovenia (SI)

⚠ Selección exactamente un país

RF05 Intervalos de duración en meses

➤ **CP-RF05-01** – Mapeo de clase → intervalo

Pre: clase conocida.

Pasos: enviar instancia; revisar intervalo_meses.

Procesamiento: Mapeo de clases a intervalos definidos (según ANNEX II).

Resultado: rango min–max esperado.

Criterio: coincide con reglas definidas.

Figura 16
Intervalos de duración en meses

Sugerencia de Duración del Contrato



Figura 17
Anexx II-Calculation of duration

6. ANNEX II – CALCULATION OF DURATION

1. Duration in months (CN II.3),
2. If not available, then the duration in days divided by the average length of the month (30.4) (CN II.3).
3. If not available, then the period between the day of starting and day of completion of the contract divided by the average length of the month (30.4) (CN II.3).
4. If not available, then the duration of the framework agreement (CN II.1.4) in months.
5. If not available, then the duration of the framework agreement (CN II.1.4) in years multiplied by the number of months (12).
6. If not available, then the latest date of completion of a lot minus the earliest day of starting of a lot, divided by the average length of the month (30.4) (CN Annex B, 4)).

RF06 Probabilidades de confianza

- **CP-RF06-01** – Suma de probabilidades

Resultado: $\Sigma(\text{prob}) \approx 1 (\pm 0.01)$.

Criterio: cumple tolerancia.

Figura 18
Nivel de confianza

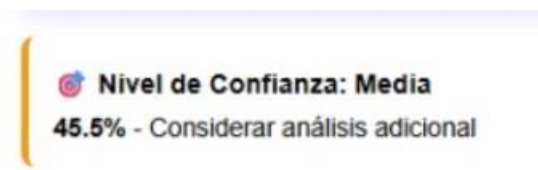


Figura 19
Código de la probabilidad de confianza

```
# PASO 1: El modelo Random Forest calcula internamente
probas = modelo.predict_proba(df)[0]
# Resultado: [0.0, 0.8614, 0.14, 0.0, 0.0, ...]

# PASO 2: Encuentra cuál es la clase predicha
pred = modelo.predict(df) # "(67.611, 134.222]"
indice_pred = list(modelo.classes_).index(pred[0]) # índice = 1

# PASO 3: Extrae la probabilidad de esa clase específica
proba = probas[indice_pred] # probas[1] = 0.8614

# PASO 4: La convierte a porcentaje y la envía
"probabilidad": round(float(proba), 4) # 0.8614 = 86.14%
```

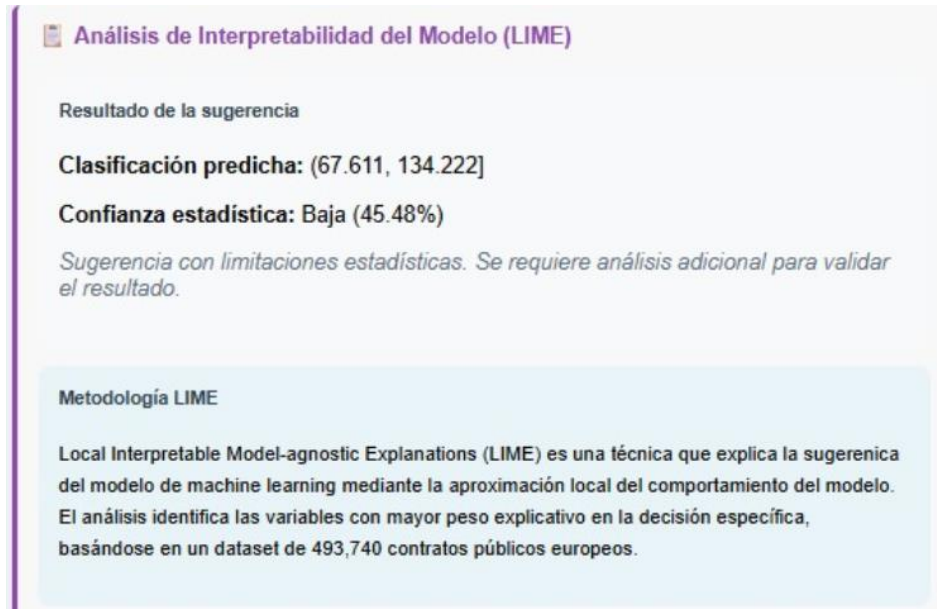
RF07 Explicaciones LIME

- **CP-RF07-01** – Generación de explicación

Resultado: artefacto (HTML/imagen) + pesos.

Criterio: ≥ 8 características mostradas.

Figura 20
Explicaciones LIME



RF08 Influencia positiva/negativa

➤ **CP-RF08-01** – Signo de contribución

Resultado: lista {feature, signo, peso} ordenada.

Criterio: consistente con visual LIME.

Figura 21
Influencia positiva/negativa

Variables Explicativas del Modelo			
Variable	Valor	Influencia	Interpretación
Múltiples Entidades Contratantes	0	↗ Positiva	Entidad única
Representación en Nombre de Terceros	0	↗ Positiva	Nombre propio
CPV 45: Trabajos de Construcción	0	↗ Positiva	No aplica
CPV 33: Equipamiento Médico	0	↗ Positiva	No aplica
CPV 15: Alimentos y Bebidas	1	↗ Positiva	Sí aplica
Tipo de Contrato: Obras	1	↗ Positiva	Es obra
Actividad Principal: Salud	1	↗ Positiva	Sector salud
País: Eslovenia	1	↗ Positiva	Eslovenia
Número de Adjudicaciones	1	↗ Positiva	1
Número de Lotes	5	↗ Positiva	5
Ofertas Recibidas	5	↗ Positiva	5
Ofertas de PYMEs	1	↗ Positiva	1
Autoridad Regional/Local	0	↗ Positiva	Otro tipo
Actividad Principal: Servicios Públicos	0	↗ Positiva	Otro sector
Autoridad Sectorial (Agua, Energía, Transporte)	1	↗ Positiva	Sectorial
Institución de la Unión Europea	0	↗ Positiva	Otro tipo
País: Luxemburgo	0	↗ Positiva	Otro país

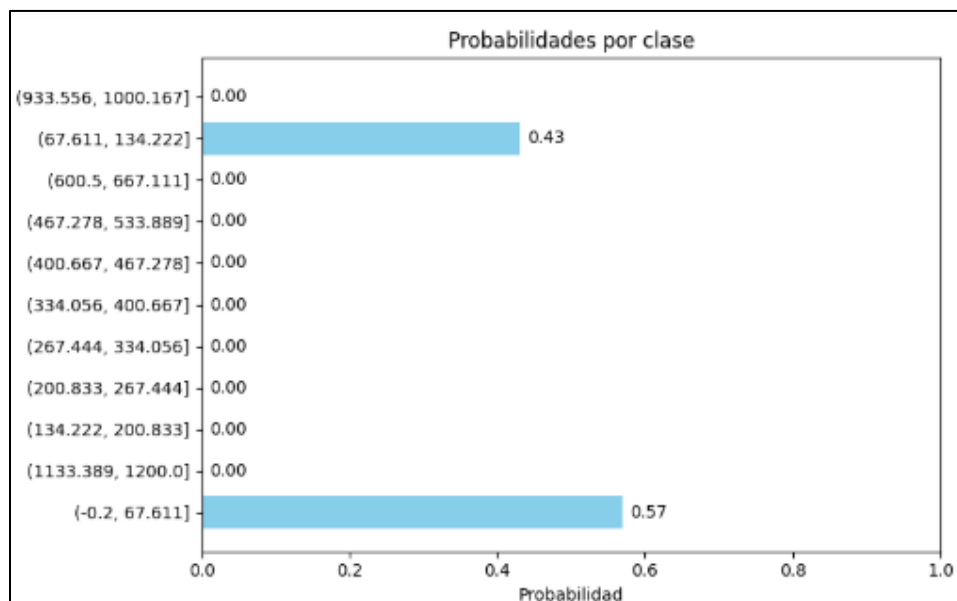
RF09 Visualización de probabilidades

➤ CP-RF09-01 – Gráfico en UI

Resultado: barras por clase; valores igual a JSON.

Criterio: diferencias < 1%.

Figura 22
Visualización de probabilidades



RF10 Conversión días→meses

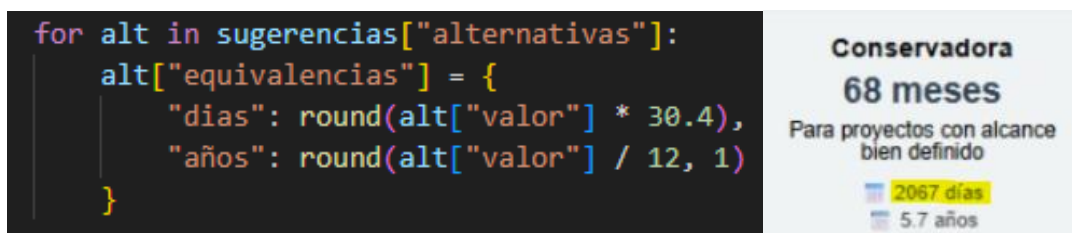
- **CP-RF10-01** – Conversión con regla 30.44

Entrada: 304.4 días.

Resultado: 10.0 meses.

Criterio: precisión ± 0.01 .

Figura 23
Conversión días a meses



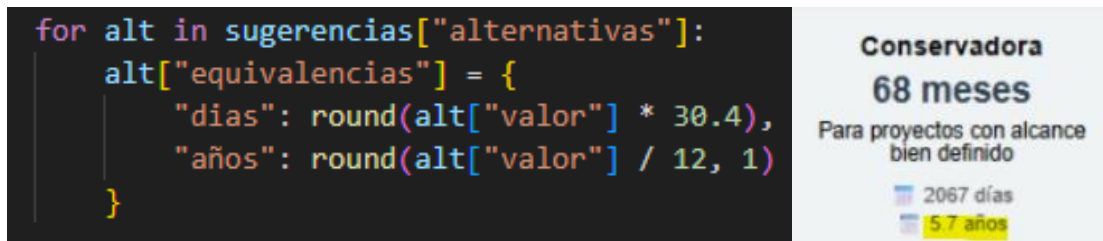
RF11 Conversión meses→años

- **CP-RF11-01** – 24 meses → 2 años

Criterio: exactitud.

Figura 24

Conversión meses a años



RF12 Alternativas (conservadora/estándar/extendida)

- **CP-RF12-01** – Mostrar 3 alternativas

Resultado: lista con 3 opciones ordenadas.

Criterio: sin valores solapados si así lo define la política.

Figura 25

Código para el cálculo de alternativas

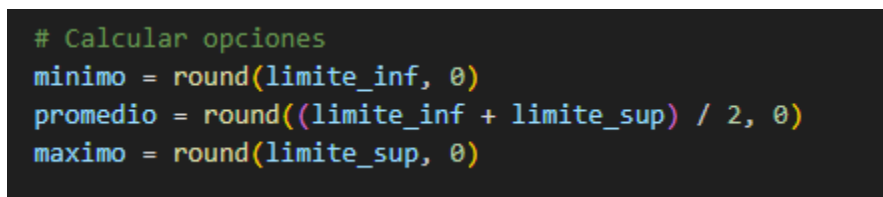


Figura 26
Alternativas (conservadora/estándar/extendida)



RF13 Validación de campos requeridos (UI)

- **CP-RF13-01** – Bloqueo de envío incompleto

Pasos: dejar un campo vacío y enviar.

Resultado: no se hace POST; mensajes junto a campos.

Criterio: UX clara; foco en primer error.

Figura 27
Validación de campos requeridos

```
# 1. Verificar actividad principal (al menos una debe estar seleccionada)
actividades = ['MAIN_ACTIVITY_health', 'MAIN_ACTIVITY_general_public_services']
actividades_seleccionadas = sum(entrada_mapeada.get(act, 0) for act in actividades)

if actividades_seleccionadas == 0:
    print("⚠ No hay actividad principal seleccionada. Aplicando por defecto: Servicios públicos generales")
    entrada_mapeada['MAIN_ACTIVITY_general_public_services'] = 1
elif actividades_seleccionadas > 1:
    print("⚠ Múltiples actividades principales seleccionadas. Manteniendo solo la primera.")
```

RF14 Mapeo automático frontend↔backend

- **CP-RF15-01** – Alias de nombres

Pasos: enviar JSON con alias (p.ej., sector_econ → sector_economico).

Resultado: predicción exitosa.

Criterio: **100%** de campos requeridos mapeados; errores claros si falta mapeo.

Figura 28

Mapeo automático frontend↔backend

```
# Mapeo completo de nombres frontend a backend
CAMPO_MAPEO_COMPLETO = {
    "MULTIPLE_CONTRACTING": "B_MULTIPLE_CAE_n",
    "ACTING_ON_BEHALF": "B_ON_BEHALF_n",
    "WORKS_CONTRACT": "TYPE_OF_CONTRACT_w",
    "ISO_COUNTRY_CODE_SI": "ISO_COUNTRY_CODE_si",
    "ISO_COUNTRY_CODE_LU": "ISO_COUNTRY_CODE_lu",
    "NUMBER_OF_CONTRACTS": "NUMBER_AWARDS",
    "NUMBER_OF_LOTS": "LOTS_NUMBER",
    "NUMBER_OF_OFFERS": "NUMBER_OFFERS",
    "NUMBER_OFFERS_SME": "NUMBER_TENDERS_SME",
    "MAIN_ACTIVITY_health": "MAIN_ACTIVITY_health",
    "MAIN_ACTIVITY_general_public_services": "MAIN_ACTIVITY_general_public_services",
    "CAE_TYPE_3": "CAE_TYPE_3",
    "CAE_TYPE_4": "CAE_TYPE_4",
    "CAE_TYPE_5": "CAE_TYPE_5",
    "GROUP_CPV_15": "GROUP_CPV_15",
    "GROUP_CPV_33": "GROUP_CPV_33",
    "GROUP_CPV_45": "GROUP_CPV_45",
}
```

7. Pruebas No Funcionales (RNF01–RNF17)

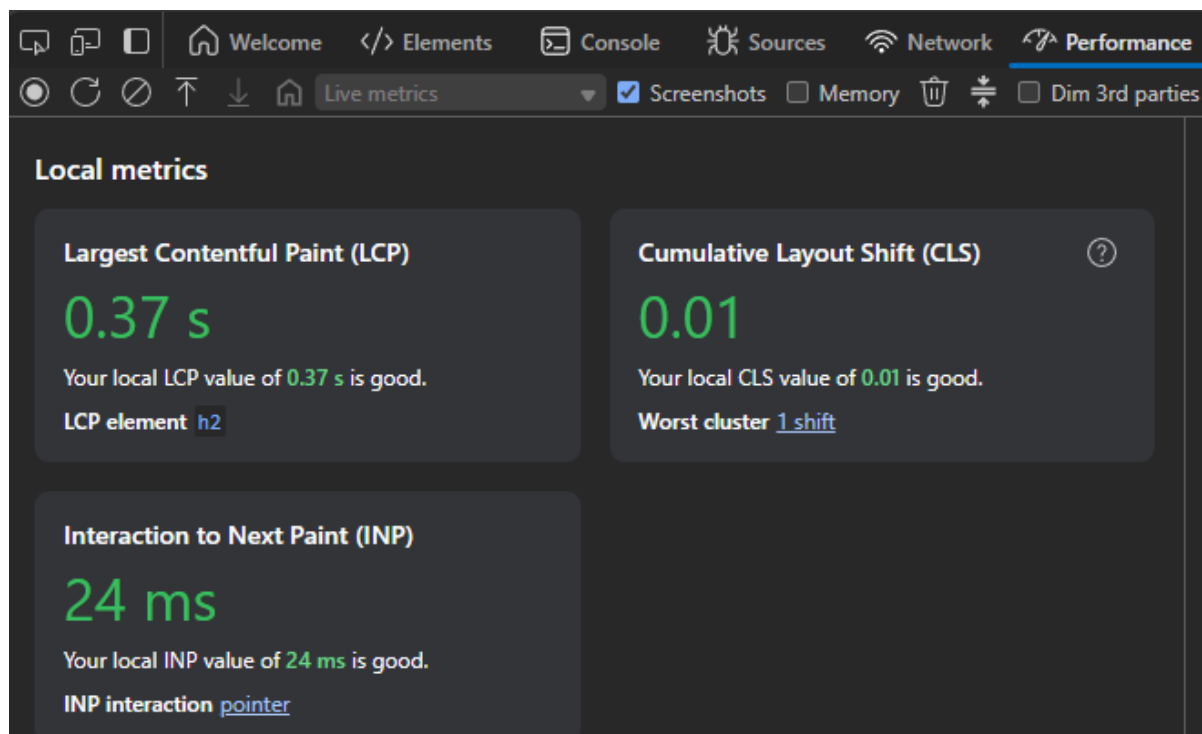
RNF01-Perf – Latencia de sugerencia.

Criterio: $p95 \leq 10$ s, $p50 \leq 2$ s.

RNF02-XAI – Overhead LIME

Criterio: overhead $p95 \leq 5$ s.

Figura 29
Latencia de Sugerencia



RNF04-Val – Validación de entrada

Criterio: rechaza con 400 + mensajes claros.

Figura 30
Validación de entrada

```
# 1. Verificar actividad principal (al menos una debe estar seleccionada)
actividades = ['MAIN_ACTIVITY_health', 'MAIN_ACTIVITY_general_public_services']
actividades_seleccionadas = sum(entrada_mapeada.get(act, 0) for act in actividades)

if actividades_seleccionadas == 0:
    print("⚠ No hay actividad principal seleccionada. Aplicando por defecto: Servicios públicos generales")
    entrada_mapeada['MAIN_ACTIVITY_general_public_services'] = 1
elif actividades_seleccionadas > 1:
    print("⚠ Múltiples actividades principales seleccionadas. Manteniendo solo la primera.")
```

```
# 2. Verificar tipo de autoridad (CAE_TYPE)
tipos_cae = ['CAE_TYPE_3', 'CAE_TYPE_4', 'CAE_TYPE_5']
tipos_seleccionados = sum(entrada_mapeada.get(tipo, 0) for tipo in tipos_cae)

if tipos_seleccionados == 0:
    print("⚠ No hay tipo de autoridad seleccionado. Aplicando por defecto: CAE_TYPE_4")
    entrada_mapeada['CAE_TYPE_4'] = 1
elif tipos_seleccionados > 1:
    print("⚠ Múltiples tipos de autoridad seleccionados. Manteniendo solo el primero.")
    primera_encontrada = False
    for tipo in tipos_cae:
        if entrada_mapeada.get(tipo, 0) == 1 and not primera_encontrada:
            primera_encontrada = True
        elif entrada_mapeada.get(tipo, 0) == 1:
            entrada_mapeada[tipo] = 0

# 3. Verificar grupo CPV (clasificación de actividad)
grupos_cpv = ['GROUP_CPV_15', 'GROUP_CPV_33', 'GROUP_CPV_45']
grupos_seleccionados = sum(entrada_mapeada.get(grupo, 0) for grupo in grupos_cpv)

if grupos_seleccionados == 0:
    print("⚠ No hay clasificación de actividad seleccionada. Aplicando por defecto: GROUP_CPV_15")
    entrada_mapeada['GROUP_CPV_15'] = 1
# Nota: Para CPV, pueden haber múltiples seleccionados.
```

```
# 4. Verificar país (ISO_COUNTRY_CODE)
países = ['ISO_COUNTRY_CODE_lu', 'ISO_COUNTRY_CODE_si']
países_seleccionados = sum(entrada_mapeada.get(pais, 0) for pais in países)

if países_seleccionados == 0:
    print("⚠ No hay país seleccionado. Aplicando por defecto: Luxemburgo")
    entrada_mapeada['ISO_COUNTRY_CODE_lu'] = 1
elif países_seleccionados > 1:
    print("⚠ Múltiples países seleccionados. Manteniendo solo el primero.")
    primera_encontrada = False
    for pais in países:
        if entrada_mapeada.get(pais, 0) == 1 and not primera_encontrada:
            primera_encontrada = True
        elif entrada_mapeada.get(pais, 0) == 1:
            entrada_mapeada[pais] = 0
```

```
# 5. Validar valores numéricos
campos_numericos = ['NUMBER_AWARDS', 'LOTS_NUMBER', 'NUMBER_OFFERS', 'NUMBER_TENDERS_SME']
for campo in campos_numericos:
    valor = entrada_mapeada.get(campo, 0)
    if valor < 0:
        print(f" Valor negativo en {campo}. Estableciendo en 0.")
        entrada_mapeada[campo] = 0
    elif valor == 0 and campo in ['NUMBER_AWARDS', 'LOTS_NUMBER', 'NUMBER_OFFERS']:
        print(f" Valor 0 en {campo}. Estableciendo en 1 (mínimo).")
        entrada_mapeada[campo] = 1
```

```
# 6. Lógica de negocio: NUMBER_TENDERS_SME no puede ser mayor que NUMBER_OFFERS
if entrada_mapeada.get('NUMBER_TENDERS_SME', 0) > entrada_mapeada.get('NUMBER_OFFERS', 0):
    print("Número de ofertas PYMES mayor que total de ofertas.")
    entrada_mapeada['NUMBER_TENDERS_SME'] = entrada_mapeada.get('NUMBER_OFFERS', 0)
```

RNF16-Nulls – Manejo de nulos

Criterio: mensajes claros; no caídas.

Figura 31

Manejo de nulos

```
for campo in used_features_modelo:
    if campo not in entrada_mapeada:
        entrada_mapeada[campo] = 0
```

RNF17-Norm – Normalización automática

Criterio: se normaliza o se rechaza con 400 informativo.

Figura 32
Normalización automática

```
# 1. Verificar actividad principal (al menos una debe estar seleccionada)
actividades = ['MAIN_ACTIVITY_health', 'MAIN_ACTIVITY_general_public_services']
actividades_seleccionadas = sum(entrada_mapeada.get(act, 0) for act in actividades)

if actividades_seleccionadas == 0:
    print("⚠ No hay actividad principal seleccionada. Aplicando por defecto: Servicios públicos generales")
    entrada_mapeada['MAIN_ACTIVITY_general_public_services'] = 1
elif actividades_seleccionadas > 1:
    print("⚠ Múltiples actividades principales seleccionadas. Manteniendo solo la primera.")

# 2. Verificar tipo de autoridad (CAE_TYPE)
tipos_cae = ['CAE_TYPE_3', 'CAE_TYPE_4', 'CAE_TYPE_5']
tipos_seleccionados = sum(entrada_mapeada.get(tipo, 0) for tipo in tipos_cae)

if tipos_seleccionados == 0:
    print("⚠ No hay tipo de autoridad seleccionado. Aplicando por defecto: CAE_TYPE_4")
    entrada_mapeada['CAE_TYPE_4'] = 1
elif tipos_seleccionados > 1:
    print("⚠ Múltiples tipos de autoridad seleccionados. Manteniendo solo el primero.")
    primera_encontrada = False
    for tipo in tipos_cae:
        if entrada_mapeada.get(tipo, 0) == 1 and not primera_encontrada:
            primera_encontrada = True
        elif entrada_mapeada.get(tipo, 0) == 1:
            entrada_mapeada[tipo] = 0

# 3. Verificar grupo CPV (clasificación de actividad)
grupos_cpv = ['GROUP_CPV_15', 'GROUP_CPV_33', 'GROUP_CPV_45']
grupos_seleccionados = sum(entrada_mapeada.get(grupo, 0) for grupo in grupos_cpv)

if grupos_seleccionados == 0:
    print("⚠ No hay clasificación de actividad seleccionada. Aplicando por defecto: GROUP_CPV_15")
    entrada_mapeada['GROUP_CPV_15'] = 1
# Nota: Para CPV, pueden haber múltiples seleccionados.
```

```
# 4. Verificar país (ISO_COUNTRY_CODE)
países = ['ISO_COUNTRY_CODE_lu', 'ISO_COUNTRY_CODE_si']
países_seleccionados = sum(entrada_mapeada.get(país, 0) for país in países)

if países_seleccionados == 0:
    print("⚠ No hay país seleccionado. Aplicando por defecto: Luxemburgo")
    entrada_mapeada['ISO_COUNTRY_CODE_lu'] = 1
elif países_seleccionados > 1:
    print("⚠ Múltiples países seleccionados. Manteniendo solo el primero.")
    primera_encontrada = False
    for país in países:
        if entrada_mapeada.get(país, 0) == 1 and not primera_encontrada:
            primera_encontrada = True
        elif entrada_mapeada.get(país, 0) == 1:
            entrada_mapeada[país] = 0
```

```
# 5. Validar valores numéricos
campos_numericos = ['NUMBER_AWARDS', 'LOTS_NUMBER', 'NUMBER_OFFERS', 'NUMBER_TENDERS_SME']
for campo in campos_numericos:
    valor = entrada_mapeada.get(campo, 0)
    if valor < 0:
        print(f"Valor negativo en {campo}. Estableciendo en 0.")
        entrada_mapeada[campo] = 0
    elif valor == 0 and campo in ['NUMBER_AWARDS', 'LOTS_NUMBER', 'NUMBER_OFFERS']:
        print(f"Valor 0 en {campo}. Estableciendo en 1 (mínimo).")
        entrada_mapeada[campo] = 1
```

```
# 6. Lógica de negocio: NUMBER_TENDERS_SME no puede ser mayor que NUMBER_OFFERS
if entrada_mapeada.get('NUMBER_TENDERS_SME', 0) > entrada_mapeada.get('NUMBER_OFFERS', 0):
    print("Número de ofertas PYMES mayor que total de ofertas.")
    entrada_mapeada['NUMBER_TENDERS_SME'] = entrada_mapeada.get('NUMBER_OFFERS', 0)
```

RNF05-UX – Compatibilidad de navegadores

Criterio: UI funcional sin errores críticos.

Figura 33
Compatibilidad de navegadores-Edge

Formulario de Evaluación de Licitación

Seleccionar modelo:
 Gradient Boosting

Múltiples entidades contratantes:
 No

Actúa en nombre de otros:
 No

Tipo de contrato (Obras):
 No

Tipo de autoridad:
☒ Agua, energía, transporte y telecomunicaciones
☐ European Union Institution
☐ Autoridad Regional

⚠ Selecciona al menos un tipo de autoridad

Clasificación de actividad:
☐ Trabajos de demolición
☒ Alimentos, bebidas, tabaco y productos afines
☒ Equipamiento y artículos médicos, farmacéuticos y de higiene personal

⚠ Selecciona al menos una clasificación de actividad

Sugerencia de Duración del Contrato

Duración Recomendada
101 meses
 Duración equilibrada (101.0 meses)

Nivel de Confianza: Alta
 88.1% - Predicción confiable

Opciones de Duración

Conservadora	Estándar	Extendida
68 meses	101 meses	134 meses
Para proyectos con alcance bien definido	Para la mayoría de casos	Para proyectos complejos con incertidumbre
2007 días 5.7 años	3070 días 8.4 años	4074 días 11.2 años

Recomendaciones para el Contrato

- Establecer hitos semestrales de evaluación

Bienvenido, [diego.cordovar@ug.edu.ec](#) | Cerrar sesión

Figura 34
Compatibilidad de navegadores-Google Chrome

Formulario de Evaluación de Licitación

Seleccionar modelo:
 Gradient Boosting

Múltiples entidades contratantes:
 No

Actúa en nombre de otros:
 No

Tipo de contrato (Obras):
 No

Tipo de autoridad:
☒ Agua, energía, transporte y telecomunicaciones
☐ European Union Institution
☐ Autoridad Regional

⚠ Selecciona al menos un tipo de autoridad

Clasificación de actividad:
☐ Trabajos de demolición
☒ Alimentos, bebidas, tabaco y productos afines
☒ Equipamiento y artículos médicos, farmacéuticos y de higiene personal

⚠ Selecciona al menos una clasificación de actividad

Sugerencia de Duración del Contrato

Duración Recomendada
101 meses
 Duración equilibrada (101.0 meses)

Nivel de Confianza: Alta
 88.1% - Predicción confiable

Opciones de Duración

Conservadora	Estándar	Extendida
68 meses	101 meses	134 meses
Para proyectos con alcance bien definido	Para la mayoría de casos	Para proyectos complejos con incertidumbre
2007 días 5.7 años	3070 días 8.4 años	4074 días 11.2 años

Recomendaciones para el Contrato

- Establecer hitos semestrales de evaluación

Bienvenido, [diego.cordovar@ug.edu.ec](#) | Cerrar sesión

Figura 35
Compatibilidad de navegadores-FireFox

Formulario de Evaluación de Licitación

Seleccionar modelo:
Gradient Boosting

Múltiples entidades contratantes:
No

Actúa en nombre de otros:
No

Tipo de contrato (Obras):
No

Tipo de autoridad:
☒ Agua, energía, transporte y telecomunicaciones
☐ European Union Institution
☐ Autoridad Regional

⚠ Selecciona al menos un tipo de autoridad

Sugerencia de Duración del Contrato

Duración Recomendada
101 meses
Duración equilibrada (101.0 meses)

Nivel de Confianza: Alta
88.1% - Predicción confiable

Opciones de Duración

Conservadora	Estándar	Extendida
68 meses	101 meses	134 meses

Bienvenido, [diego.cordovar@ug.edu.ec](#) | [Cerrar sesión](#)

RNF06-Msg – Mensajes de error

Criterio: comprensibles y accionables.

Figura 36
Mensajes de error

Sugerencia de Duración del Contrato

Error al obtener la sugerencia. Ejecute run.py

RNF08-Forms – Formularios intuitivos

Criterio: completar caso base sin ayuda (experto).

Figura 37
Formularios intuitivos

RNF09-REST – Consumo multi-cliente

Criterio: respuestas consistentes (JSON).

Figura 38
Consumo multi-cliente

```
@app.route("/predict", methods=["POST"])
def predict():
    try:
        data = request.json
```

RNF10-TiposContrato – Soporte múltiple

Criterio: no errores al cambiar tipo; UI consistente.

Figura 39
Soporte múltiple

```
modelos = joblib.load(MODELO_PATH)
used_features = modelos['random_forest'].used_features
clases = modelos['random_forest'].classes_
```

RNF11-APIJSON – Esquema estándar

Criterio: 100% conforme.

Figura 40
Esquema estándar

```
return jsonify({
    "prediccion": str(pred[0]),
    "probabilidad": round(float(proba), 4),
    "grafico_probabilidades_base64": img_probas_base64,
    "reglas_por_clase": reglas_texto,
    "tabla_lime": tabla_lime,
    "duracion_meses_aproximada": mensaje_duracion,
    "mensaje_explicativo": mensaje_explicativo,
    "sugerencias_duracion": sugerencias_duracion,
    "sugerencia_principal": {
        "valor_meses": sugerencias_duracion["opcion_recomendada"]["valor"],
        "descripcion": sugerencias_duracion["opcion_recomendada"]["descripcion"]
    }
})
```

