ACTA DE CIERRE DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1. Ficha ejecutiva:

Título del proyecto	PreventIA: Detección Temprana del Cáncer de Mama mediante Inteligencia Artificial
Facultad	Facultad de Ingeniería
Programa	Ingeniería de Software / Ingeniería de Sistemas — Grupo de Investigación en Ingeniería de Software (GIIS)
Investigador principal	Angie Paola Rique Sabogal — Ingeniería de Software — arique@ucompensar.edu.co
Co-investigadores	Neider Duan Barbosa Castro — ndbarbosac@ucompensar.edu.co Alexander Rueda Dueñas — aruedad@ucompensar.edu.co Miguel Ángel Guatame Medina — mguatame@ucompensar.edu.co

2. Resumen Ejecutivo del Proyecto

PreventIA es un proyecto de investigación multidisciplinaria del Grupo de Investigación en Ingeniería de Software (GIIS) de la Fundación Universitaria Compensar, concebido para desarrollar herramientas tecnológicas basadas en inteligencia artificial que permitan la detección temprana y precisa del cáncer de mama, con foco de aplicación en hospitales de primer y segundo nivel ubicados en municipios de tercera a sexta categoría en Colombia, donde las barreras de acceso a servicios radiológicos especializados son estructuralmente más severas. El proyecto integra un modelo de clasificación mamográfica basado en cuatro redes neuronales convolucionales especializadas, una plataforma web informativa pública y un software especializado de detección de uso clínico profesional, articulados con la alianza estratégica de la E.S.E. Centro de Salud San Jerónimo de Mongua como entidad validadora en salud.

Más allá de los entregables de productividad de Minciencias, el propósito sustantivo de PreventIA fue reducir la brecha de equidad en el acceso a diagnóstico oncológico temprano en poblaciones colombianas vulnerables. Se buscó demostrar que es posible construir una herramienta de inteligencia artificial clínicamente relevante con hardware accesible, sin depender de infraestructura de GPU de alto costo, haciendo viable su implementación en unidades móviles de mamografía y en instituciones de baja complejidad. En términos de productividad, se comprometieron 9 entregables conceptuales (artículo Q1, libro, 4 capítulos, software especializado, portal web, 3 ponencias, 5 pasantías, proyecto I+D e informes), todos ejecutados con un cumplimiento general ponderado del 89%.

Se desarrolló y validó una arquitectura híbrida de aprendizaje profundo con mecanismos de atención adaptativa (4 redes especializadas) con precisión global del 95,27%, superando en

eficiencia computacional a ResNet-50, EfficientNet-B4/B7, DenseNet201 y VGG-19. Se finalizó el manuscrito del libro resultado de investigación y sus 4 capítulos. Se sobremetieron el artículo científico a revista Q1 y las ponencias en 4 eventos académicos (meta superada: 3 comprometidas). Se publicó el portal web informativo operativo. Se dirigió el proceso formativo de 5 pasantes, 2 de los cuales participaron como ponentes en congresos nacionales e internacionales. Se realizaron 3 apariciones adicionales en medios masivos (radio, prensa y TV) no comprometidas inicialmente. La ejecución presupuestal fue de $9.154.180 COP, dentro del margen disponible.

La investigación confirmó que el diseño de arquitecturas especializadas por dominio clínico, en lugar de modelos generalistas, produce mejor transferibilidad a entornos de producción con hardware limitado. La brecha de generalización del 6,8% en la red de patología benigno/maligno señala la necesidad de mayor diversidad en el dataset de entrenamiento y de técnicas de regularización avanzada. En gestión del proyecto, se aprendió que los planes de contingencia de recurso humano deben formalizarse desde el diseño inicial, ya que dos salidas no programadas de investigadores (docente Cristina Ponce e ingeniero Cristhian Moreno) generaron reasignaciones que, aunque gestionadas exitosamente, consumen tiempo y energía institucional. La vinculación de pasantes desde etapas tempranas del proyecto, con roles y frentes claros, resultó una estrategia formativa de alto valor.

Los próximos pasos contemplan:

(i) Completar el despliegue productivo del software especializado
(ii) Ejecutar el piloto de validación clínica prospectiva en la E.S.E. San Jerónimo de Mongua con datos reales de pacientes colombianas
(iii) Gestionar la publicación definitiva del artículo Q1 y del libro
(iv) Diseñar el protocolo de validación con aval de comité de ética
(v) Explorar financiamiento externo (Minciencias, fondos internacionales) para escalar a validación clínica multicéntrica; y (vi) publicar el modelo matemático de filtrado gaussiano como segundo artículo científico.

El sistema PreventIA tiene un potencial de transferencia tecnológica de alto impacto: el modelo puede implementarse en unidades móviles de mamografía con hardware Ryzen 9 estándar (14 GB RAM, sin GPU especializada), lo que elimina la barrera económica habitual de los sistemas de IA médica. La arquitectura multiplataforma (web + móvil) facilita su adopción en contextos con infraestructura variable. El potencial de apropriación social ya fue evidenciado en el ciclo 2025 con 4 ponencias académicas, 3 apariciones en medios masivos y la alianza activa con la E.S.E. San Jerónimo de Mongua. La escalabilidad regional es factible: las características epidemiológicas del modelo son comparables con contextos latinoamericanos (Brasil 29,7% y Chile 25,2% de prevalencia), abriendo oportunidades de cooperación internacional.

3. Cumplimiento de Objetivos

Los objetivos generales y específicos fueron alcanzados conforme a la planificación establecida en la ficha técnica del proyecto, evidenciados en el informe final, entregables técnicos y productos derivados.

Objetivo	Nivel de cumplimiento	Evidencia
Desarrollar e implementar herramientas tecnológicas basadas en inteligencia artificial que permitan una detección temprana y precisa del cáncer de mama, con el fin de mejorar los pronósticos clínicos y aumentar las tasas de supervivencia de las pacientes.	89% (cumplimiento ponderado general)	Informe Final de Investigación (Minciencias); Informe Técnico de Cumplimiento; Concepto Técnico de Cierre; artículo sometido Q1; libro en proceso editorial; portal web publicado; 4 ponencias académicas; 5 pasantías dirigidas.

Objetivo Específico	% Cumplimiento	Entregables comprometidos	Resultado alcanzado y evidencia
OE1: Crear algoritmos de aprendizaje automático capaces de identificar patrones predictivos en imágenes mamográficas y datos clínicos de cáncer de mama en estadios iniciales.	100%	Artículo de Investigación OPEN A1 (sometido); Libro resultado de investigación (4 capítulos completos); Manuscrito del libro finalizado.	Arquitectura híbrida de 4 CNN especializadas entrenada y validada: precisión global 95,27% (calcificaciones 99,08%; densidad mamaria 98,35%; patología 85,34%; distribución espacial 95,49%). Evidencia: manuscrito Q1 sometido; libro PreventIA; ponencia IV Congreso de Ingeniería con Impacto Social.
OE2: Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva que permita a profesionales de la salud integrar las herramientas en su flujo de trabajo clínico.	75%	Software especializado (módulos frontend/backend); portal web informativo B1; mockups en Figma; manuales técnico y de usuario.	Arquitectura Vertical Slicing + Hexagonal definida; 81 RF + 40 RNF levantados; portal web publicado: preventia-info.riquesolutions.com; aplicativo en preventia.riquesolutions.com. Pendiente despliegue productivo completo. Evidencia: manuales técnicos y de usuario, URLs operativas.
OE3: Evaluar la precisión y eficacia de las herramientas mediante validación rigurosa,	80%	Evaluación comparativa frente a 6 arquitecturas de	Validación en entorno controlado sobre The Cancer Imaging Archive (>100 GB). Precisión global 95,27%, superando en

comparándolas con métodos de diagnóstico tradicionales.		referencia (ResNet-50, EfficientNet-B4/B7, DenseNet201, VGG-19); análisis estadístico de 3 datasets epidemiológicos nacionales e internacionales.	eficiencia computacional a todos los modelos del comparativo. Validación clínica prospectiva proyectada para el siguiente ciclo. Evidencia: tablas de métricas documentadas, artículo Q1 sometido.

Observaciones (para posibles cambios en los productos proyectados inicialmente)		
Investigadora Cristina Ponce (Facultad de Administración) — integrante del equipo original	Reformulación de entregables conceptuales del equipo	La docente se retiró del grupo sin explicación formal antes del inicio del período 2025, reduciendo el recurso humano del equipo. Como consecuencia, los entregables asociados a su perfil administrativo fueron reformulados y redistribuidos entre los investigadores restantes.
Articulo B y Producción adicional	Se elimina dicha producción	Debido al contenido profundo de propiedad intelectual proyectada a patente no es posible realizar las publicaciones comprometidas

4. Estrategia Post-Cierre

a. Propósito de la estrategia post-cierre

La estrategia post-cierre tiene como finalidad transformar los resultados del proyecto en activos generadores de valor, mediante su:

- Validación técnica y de mercado
- Transferencia tecnológica o de conocimiento
- Escalamiento e implementación
- Apropiación social e impacto

El cierre del proyecto no constituye el final del ciclo, sino el inicio de la fase de activación y explotación de resultados.

b. Identificación y clasificación de activos estratégicos

Se consolidan los activos generados durante el proyecto susceptibles de valorización, transferencia o escalamiento:

Activo	Tipo	Nivel de madurez (TRL/CRL)	Potencial de valor	Transferible	Observaciones
Arquitectura híbrida de IA (Pattern Seeker — 4 CNN especializadas en diagnóstico mamográfico)	Tecnológico	5	Alto	☑ Sí	TRL 5: validado en entorno controlado. Precisión global 95,27%. Pendiente despliegue productivo y validación clínica prospectiva. Transferible a instituciones de baja complejidad con hardware estándar (Ryzen 9, 14 GB RAM, sin GPU especializada).

c. Evaluación de valor de los resultados

Cada activo es evaluado en función de su potencial multidimensional:

Activo	Valor económico	Valor científico	Valor social	Valor de transferencia	Score
Sistema PreventIA (arquitectura híbrida de IA + plataforma web + software especializado)	Medio (modelo no comercializable aún; requiere piloto clínico)	Alto (aporte original al estado del arte; sometido a Q1)	Alto (detección temprana en poblaciones vulnerables; impacto en supervivencia)	Alto (transferible a E.S.E. San Jerónimo y hospitales similares)	8,5 / 10

d. Criterios de evaluación:

- Capacidad de generación de ingresos o ahorro
- Nivel de novedad y aporte científico
- Impacto en población o entorno

- Viabilidad de transferencia o adopción

e. Continuidad y sostenibilidad del proyecto

Se recomienda el siguiente paso del proyecto:

- ☐ Cierre definitivo
- ☑ Continuidad en nueva fase
- ☑ Integración a línea de investigación
- ☑ Evolución a proyecto de transferencia
  El proyecto PreventIA continuará su ciclo de valor en tres dimensiones complementarias: (i) continuidad en una nueva fase de investigación orientada a la validación clínica prospectiva del sistema en la E.S.E. Centro de Salud San Jerónimo de Mongua y en el Hospital Regional de Sogamoso; (ii) integración a la línea de investigación de inteligencia artificial aplicada a la salud del GIIS, con el modelo y la plataforma como activos de base para futuros proyectos de la Fundación Universitaria Compensar; y (iii) evolución hacia un proyecto de transferencia tecnológica formal, en la medida en que el piloto clínico valide el desempeño diagnóstico del sistema en condiciones reales, con miras a su eventual escalamiento regional en instituciones de baja complejidad del departamento de Boyacá y similares en Colombia.

Descripción de la continuidad:

f. Declaración de activación de transferencia (disclosure)

Se deja expresa constancia de que el presente acto de cierre no constituye la finalización del ciclo de valor del proyecto, sino que corresponde al primer acto formal del proceso de transferencia, en su fase de divulgación (disclosure) de los resultados, activos y capacidades generadas.

En este sentido:

- Los resultados del proyecto han sido identificados, documentados y declarados activos susceptibles de valorización, transferencia, apropiación social o escalamiento.
- Dichos activos serán incorporados al Banco Institucional de Transferencia, entendido como el repositorio estratégico para la gestión, priorización y activación de oportunidades derivadas de la investigación.

A partir de su incorporación en este banco, los activos podrán ser objeto de:

- Definición de rutas estratégicas de explotación
- Ejecución de planes de transferencia y/o escalamiento

- Implementación de estrategias de apropiación social del conocimiento
- Gestión de riesgos y barreras para la transferencia
- Activación de esquemas de gobernanza post-cierre
- Seguimiento mediante indicadores de activación de valor
- Consolidación del concepto estratégico post-cierre
- Entre otros

En consecuencia, el presente cierre habilita la transición del proyecto desde su fase de ejecución hacia su fase de gestión activa de valor, bajo la Dirección de Investigación y Transferencia y en articulación con los actores del ecosistema interno y externo.

5. Lecciones Aprendidas y Aspectos Particulares

1. La especialización arquitectural supera a la generalización: el diseño de redes neuronales separadas por dominio clínico (calcificaciones, densidad, patología, distribución) produjo mejores resultados y menor costo computacional que los modelos generalistas del comparativo. Esta decisión de diseño debe preservarse y profundizarse en proyectos futuros de IA médica.
2. Los planes de contingencia de recurso humano son obligatorios desde la formulación: las dos salidas no programadas de investigadores (Cristina Ponce y Cristhian Moreno) generaron reasignaciones que, aunque resueltas exitosamente, hubieran tenido menor impacto con un protocolo de respaldo formalizado desde el diseño inicial del equipo.
3. La vinculación temprana de pasantes con roles definidos es una estrategia de alto retorno: los cinco pasantes vinculados aportaron resultados tangibles y verificables (portal web, libro, desarrollo de software, ponencias en congresos), convirtiendo la dirección de trabajos de pregrado en un multiplicador real de la capacidad productiva del proyecto.
4. La divulgación masiva amplifica el impacto institucional: la participación en medios de comunicación (radio, prensa, TV) (resultado adicional no comprometido) demostró que los proyectos de investigación sobre salud pública tienen una audiencia potencial mucho más amplia que la académica, y que la preparación de guiones y resúmenes ejecutivos accesibles es una competencia investigativa valiosa.
5. Los tiempos editoriales externos deben incorporarse al cronograma institucional: la dependencia de procesos de arbitraje de revistas Q1 y de editoriales externas impide el cierre completo de entregables dentro de un único ciclo anual. Los proyectos futuros deben contemplar estos tiempos desde la formulación y establecer mecanismos de seguimiento editorial activo.
6. El enfoque de validación en entorno controlado es insuficiente para el impacto clínico real: los resultados de precisión obtenidos sobre datasets internacionales son

alentadores, pero la ausencia de un piloto clínico prospectivo con datos colombianos limita la generalizabilidad de las conclusiones. La validación prospectiva es la próxima prioridad investigativa irrenunciable.

Nombre(s) de investigador(es) a cargo	Autores, inventores o creadores	Categoría de productos (GNC…)	Tipo de producto	Subcategoría de MinCiencias	Planeado	Entregado	Estado	Evidencia	Nivel de alistamiento	Equipamiento (URL repositorio)	Nivel de uso de IA
Angie Paola Rique Sabogal Neider Duan Barbosa Castro Alexander Rueda Dueñas Miguel Ángel Guatame Medina	Autor	Generacion de Nuevo Conocimiento - GNC	Artículo científico Open A1	ART_OPEN_A1	**1**	**1**	**Enviado**	Data Mining and Agent-Based Simulation to Reveal Inequities in Breast Cancer Care in Colombia	Evidencia_Sometimiento.png — Revista: Epidemiologia e Serviços de Saúde (Brasil, Q1)	N/A	
Angie Paola Rique Sabogal Neider Duan Barbosa Castro Alexander Rueda Dueñas Miguel Ángel Guatame Medina	Autor	Generacion de Nuevo Conocimiento - GNC	Libro resultado de investigación B	LIB_B	**1**	**1**	**Enviado**	Título del libro - ISBN - Fecha de publicación - Autor(es)	PreventIA: Simulación, Inteligencia Artificial y Análisis de Datos en Salud — Libro resultado de investigación Primera edición, 2025. Compiladores: Neider Barbosa Castro / Paula Alejandra Murcia Fernández.	Libro resultado de investigación ubicado en el tercer cuartil de publicaciones Scopus o Scimago a nivel nacional o internacional	

Nombre(s) de investigador(es) a cargo	Autores, inventores o creadores	Categoría de productos (GNC...)	Tipo de producto	Subcategoría de MinCiencias	Planeado	Entregado	Estado	Evidencia	Nivel de alistamiento	Equipamiento (URL repositorio)	Nivel de uso de IA
									Entidad editora: Fundación Universitaria Compensar — GIIS.		
Angie Paola Rique Sabogal Neider Duan Barbosa Castro Alexander Rueda Dueñas Miguel Ángel Guatame Medina Paula Alejandra Murcia Fernández	Autor	Generacion de Nuevo Conocimiento - GNC	Capítulo en libro resultado de investigación	CAP_LIB_B	**3**	**5**	**Enviado**	En proceso Editorial	5 capítulos completos compilados en el manuscrito del Libro PreventIA: (1) Fundamentación teórica; (2) Análisis epidemiológico de datasets; (3) Modelo matemático de filtrado gaussiano y arquitectura de IA; (4) Arquitectura de software; (5) Validación y resultados comparativos.	Capítulo resultado de investigación ubicado en el tercer cuartil de publicaciones Scopus o Scimago a nivel nacional o internacional	

Nombre(s) de investigador(es) a cargo	Autores, inventores o creadores	Categoría de productos (GNC...)	Tipo de producto	Subcategoría de MinCiencias	Planeado	Entregado	Estado	Evidencia	Nivel de alistamiento	Equipamiento (URL repositorio)	Nivel de uso de IA
Alexander Rueda Dueñas Angie Paola Rique Sabogal Neider Duan Barbosa Castro Maikol Steven Ortiz Lizarazo Angie Dayana Sarmiento Barón Fabio Andrés Santos Sanabria	Creador	Desarrollo Tecnologico e Innovacion - DTeI	Softwares	SF	**1**	**1**	**Enviado**	Título del producto o proceso (*), Número del registro de propiedad intelectual ante la institución ejecutora	PreventIA: Detección temprana del cáncer de mama — Software especializado multiplataforma (Angular/Ionic frontend, NestJS backend) con módulo de IA integrado. URL: preventia.riquesolutions.com. Manual Técnico y Manual de Usuario disponibles.	Software con certificación de la entidad productora o aval institucional	Certificado por CONECT — Fundación Universitaria Compensar
Angie Paola Rique Sabogal Alexander Rueda Dueñas Angie Dayana Sarmiento	Autor	Porducto de Divulgación de Conocimiento - DPC	Desarrollos web A1	DW_A1	**1**	**1**	**Publicado**	1. Nombre del Producto. 2. Título del proyecto	PreventIA Comunidad: Software web informativo sobre detección	Ruta de circulación nacional con enfoque diferencial. Acceso sin	Acceso sin restricción desde cualquier dispositivo

Nombre(s) de investigador(es) a cargo	Autores, inventores o creadores	Categoría de productos (GNC…)	Tipo de producto	Subcategoría de MinCiencias	Planeado	Entregado	Estado	Evidencia	Nivel de alistamiento	Equipamiento (URL repositorio)	Nivel de uso de IA
Barón Fabio Andrés Santos Sanabria Maikol Steven Ortiz Lizarazo Yesid Arley Robayo Castro Paula Alejandra Murcia Fernández								de investigación. 3. Tipo de circulación del contenido.	temprana del cáncer de seno mediante Inteligencia Artificial. Integra 8 módulos: repositorio de avances investigativos, equipo científico, comunicación institucional, resultados, descripción del proyecto, tecnologías, portal de acceso y autenticación segura. Módulo de scraping automatizado (>95% precisión) y dashboard	restricción desde cualquier dispositivo.	

Nombre(s) de investigador(es) a cargo	Autores, inventores o creadores	Categoría de productos (GNC...)	Tipo de producto	Subcategoría de MinCiencias	Planeado	Entregado	Estado	Evidencia	Nivel de alistamiento	Equipamiento (URL repositorio)	Nivel de uso de IA
									analítico en React.		
Angie Paola Rique Sabogal Neider Duan Barbosa Castro Alexander Rueda Dueñas Miguel Ángel Guatame Medina Angie Dayana Sarmiento Barón Fabio Andrés Santos Sanabria Paula Alejandra Murcia Fernández	Autor	Apropiación Social del Conocimiento - ASC	Evento científico con componente de apropiación A - Ponente	EC_A	**3**	**4**	**Aprobado**	Nombre del evento, fecha de inicio, fecha de finalización, lugar del evento, entidad organizadora	1. VIII Congreso Internacional de Investigación TEINCO 2025 — Ponentes: Guatame, Rueda, Sarmiento, Santos — Memorias aceptadas y presentadas. 2. IV Congreso Internacional de Ingeniería con Impacto Social — Ponentes: Equipo docente investigador — Ponencia 'Arquitectura	Presentación de Ponencia	

Nombre(s) de investigador(es) a cargo	Autores, inventores o creadores	Categoría de productos (GNC...)	Tipo de producto	Subcategoría de MinCiencias	Planeado	Entregado	Estado	Evidencia	Nivel de alistamiento	Equipamiento (URL repositorio)	Nivel de uso de IA
									Híbrida de Aprendizaje Profundo con Mecanismos de Atención Adaptativa en la Detección de Cáncer de Seno' aceptada. 3. 3er Congreso Educajas de Investigación (Cartagena) — Ponente: Paula Alejandra Murcia Fernández — Socialización de datasets, modelo matemático y estructura del sistema. 4. Ensamble U — Amazon Web Services		

Nombre(s) de investigador(es) a cargo	Autores, inventores o creadores	Categoría de productos (GNC…)	Tipo de producto	Subcategoría de MinCiencias	Planeado	Entregado	Estado	Evidencia	Nivel de alistamiento	Equipamiento (URL repositorio)	Nivel de uso de IA
									(Compensar) — Socialización del componente tecnológico y escalabilidad en nube.		
Angie Paola Rique Sabogal Neider Duan Barbosa Castro Alexander Rueda Dueñas	Autor	Apropiación Social del Conocimiento - ASC	Informes técnicos	INF	**1**	**1**	**Finalizado**	Título del informe; Proyecto de la investigación que lo origina; Grupo de investigación; Nombre de la institución	INFORME TÉCNICO DE CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS — PreventIA: Detección Temprana del Cáncer de Mama mediante Inteligencia Artificial — Periodo enero–diciembre 2025 — GIIS — Fundación Universitaria Compensar. Formato	Título del informe; Proyecto de la investigación que lo origina; Grupo de investigación; Nombre de la institución	INFORME TÉCNICO DE CUMPLIMIENTO — PreventIA — GIIS — Fundación Universitaria Compensar

Nombre(s) de investigador(es) a cargo	Autores, inventores o creadores	Categoría de productos (GNC...)	Tipo de producto	Subcategoría de MinCiencias	Planeado	Entregado	Estado	Evidencia	Nivel de alistamiento	Equipamiento (URL repositorio)	Nivel de uso de IA
									alineado a lineamientos Minciencias.		
Angie Paola Rique Sabogal **Neider Duan Barbosa Castro** **Alexander Rueda Dueñas** **Miguel Ángel Guatame Medina**	Autor	Apropiación Social del Conocimiento - ASC	Informes de investigación	IFI	**4**	**5**	**Finalizado**	Título del Informe Final de Investigación. Nombre del proyecto. Grupo de investigación. Institución.	INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN — Proyecto de Investigación PreventIA — Detección Temprana del Cáncer de Mama mediante Inteligencia Artificial — GIIS — Fundación Universitaria Compensar. Incluye: Informes de Avance 001, 002, 003, 004 (formato Minciencias) + Informe Final consolidado.	Título del Informe Final de Investigación. Nombre del proyecto. Grupo de investigación. Institución.	INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN — Proyecto de Investigación PreventIA — GIIS — Fundación Universitaria Compensar