OncoRuta Mama: municipal digital strategy for continuous breast cancer care in Honduras

Nelson Sanchez[1]; Jorge Urmeneta[2]; Luis Aldana[3]; Salvador Diaz[4] and Selvin Reyes[5]
[1,2,5]Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras, *nelson.sanchez@unah.edu.hn, jorge.urmeneta@unah.edu.hn, selvin.reyes@unah.edu.hn*
[2,3]Secretaría de Salud, Honduras, *luisaldana1792@gmail.com, sedicacdo@hotmail.com*

Abstract– ***Breast cancer in Honduras requires solutions that integrate early detection, referral, treatment continuity, financial protection, and scalable digital operations. This paper reframes a cross sectional clinical cohort of 104 women treated at two oncology reference centers in Tegucigalpa as a technology based innovation and entrepreneurship case. The cohort showed high socioeconomic vulnerability, with low income in 88.5%, unemployment in 91.3%, primary education or less in 65.4%, advanced stage disease in 57.7%, and observed mortality of 9.6%. Metastasis was the strongest factor associated with mortality, with an odds ratio of 10.57, while surgery showed a protective association. Based on these findings, the study proposes OncoRuta Mama, a frugal HealthTech model for mobile triage, patient navigation, referral tracking, and institutional dashboards. A deterministic financial scenario estimated a break even point of 5,882 women per year and a simple payback of 2.14 years at 10,000 women navigated annually. Extended analyses with a five-year horizon, discounting, alternative scenarios and probabilistic sensitivity yielded a net present value of USD 51,174 at a 3% discount rate and a 90.2% probability of a positive result, with unit funding as the most influential parameter. The paper also specifies a layered architecture based on HL7 FHIR, the operational workflow of the platform and a set of performance indicators for future implementations. The model links clinical evidence with innovation, entrepreneurial sustainability, and digital health governance. The proposed model aligns with the three pillars of the WHO Global Breast Cancer Initiative, a health promotion for early detection, timely diagnosis, and comprehensive breast cancer management—and incorporates ethical safeguards for patient data protection in resource-constrained digital environments.***

Keywords-- breast cancer, digital health, innovation, entrepreneurship, Honduras.

OncoRuta Mama: estrategia digital municipal para atención continua del cáncer de mama en Honduras

Nelson Sanchez[1]; Jorge Urmeneta[2]; Luis Aldana[3]; Salvador Diaz[4] and Selvin Reyes[5]
[1,2,5]Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras, *nelson.sanchez@unah.edu.hn, jorge.urmeneta@unah.edu.hn, selvin.reyes@unah.edu.hn*
[2,3]Secretaría de Salud, Honduras, *luisaldana1792@gmail.com, sedicacdo@hotmail.com*

Resumen– ***El cáncer de mama en Honduras exige soluciones que articulen detección temprana, referencia, continuidad terapéutica, protección financiera y operación digital escalable. Este artículo reformula una cohorte clínica transversal de 104 mujeres atendidas en dos centros oncológicos de referencia en Tegucigalpa como un caso de innovación tecnológica y emprendimiento en salud. La cohorte evidenció alta vulnerabilidad socioeconómica, con bajo ingreso en 88.5%, desempleo en 91.3%, educación primaria o menor en 65.4%, enfermedad avanzada en 57.7% y mortalidad observada de 9.6%. La metástasis fue el principal factor asociado con mortalidad, con OR de 10.57, mientras que la cirugía mostró asociación protectora. A partir de estos hallazgos se propone OncoRuta Mama, un modelo HealthTech frugal para triaje móvil, navegación de pacientes, trazabilidad de referencias y tableros institucionales. En un escenario financiero determinístico, el punto de equilibrio fue 5,882 mujeres por año y el período simple de recuperación fue 2.14 años con 10,000 mujeres navegadas anualmente. El análisis ampliado a cinco años, con descuento, escenarios alternativos y sensibilidad probabilística, arrojó un valor presente neto de USD 51,174 a una tasa de 3% y una probabilidad de 90.2% de resultado positivo; el financiamiento unitario fue el parámetro más influyente. Se especifican además una arquitectura por capas basada en HL7 FHIR, el flujo operativo de la plataforma y un conjunto de indicadores de desempeño para futuras implementaciones El modelo conecta evidencia clínica, innovación, sostenibilidad emprendedora y gobernanza digital. El modelo propuesto se alinea con los tres pilares de la Iniciativa Global contra el Cáncer de Mama de la OMS, una promoción de la salud para la detección temprana, el diagnóstico oportuno y la gestión integral del cáncer de mama, e incorpora salvaguardas éticas para la protección de datos de pacientes en entornos digitales con recursos limitados.***

Palabras clave-- cáncer de mama, salud digital, innovación, emprendimiento, Honduras.

I. Introducción

El cáncer de mama combina una carga sanitaria creciente con una carga económica y organizacional difícil de absorber para sistemas con recursos limitados. Las estimaciones internacionales recientes ubican al cáncer de mama entre las neoplasias de mayor incidencia y mortalidad en mujeres, con 2.3 millones de casos y aproximadamente 670,000 muertes en 2022 [1], [2]. La respuesta recomendada no se limita a ampliar procedimientos diagnósticos, sino que exige rutas oportunas, continuidad terapéutica, navegación de pacientes y fortalecimiento de los sistemas de salud [3], [4]. En Honduras, los perfiles agregados disponibles muestran una carga relevante de cáncer en mujeres y condiciones de financiamiento sanitario que hacen crítica la reducción de demoras y gastos de bolsillo [5].

El problema no es únicamente clínico, sino que la presentación tardía, la fragmentación de referencia, la concentración de servicios especializados y la vulnerabilidad económica convierten al cáncer de mama en un reto de innovación sanitaria. La evidencia terapéutica muestra que la cirugía, la radioterapia, la quimioterapia y las terapias sistémicas logran mayor beneficio cuando el diagnóstico y el tratamiento ocurren en una ventana temprana y coordinada [6]. Sin embargo, la toxicidad financiera asociada con el tratamiento oncológico es mayor en países de ingresos bajos y medios, donde se ha estimado una frecuencia agrupada de 78.8% en pacientes con cáncer de mama [7]. Por ello, la innovación debe medirse por valor, entendido como resultados relevantes por unidad de costo [8], y va más allá de la incorporación de tecnología.

La salud digital ofrece una oportunidad concreta si se implementa con gobernanza, sostenibilidad y articulación institucional. La estrategia mundial de salud digital enfatiza que las iniciativas tecnológicas deben integrar recursos financieros, organizacionales, humanos y tecnológicos [9]. Desde la perspectiva de difusión de innovaciones y ciencia de implementación, una solución viable debe ser compatible con los flujos reales del sistema, observable en sus resultados, adaptable a los usuarios y evaluable mediante indicadores de adopción, factibilidad y fidelidad [10]-[12].

En octubre de 2024, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó la primera derivada técnica del marco de implementación de la Iniciativa Mundial contra el Cáncer de Mama (GBCI), un informe técnico sobre la navegación de pacientes para la detección temprana, diagnóstico y tratamiento del cáncer de mama. Este documento reconoce formalmente la navegación del paciente como una intervención basada en la evidencia que mejora las tasas de cribado, reduce el tiempo de diagnóstico y reingresos hospitalarios, y aumenta la adhesión a las citas de vigilancia [13]. El modelo propuesto en este estudio está conceptualmente alineado con el marco de competencias y las consideraciones operativas descritas en ese informe.

La evidencia empírica de entornos de ingresos medios respalda el valor de los programas de navegación estructurada. Un estudio de cohorte retrospectivo en Egipto demostró que la navegación de los pacientes acortó significativamente el intervalo desde la aprobación gubernamental hasta el inicio del tratamiento en cáncer de mama temprano con HER2 positivo, con una reducción de aproximadamente 25 días en el tiempo total desde el registro hasta el inicio del tratamiento [14]. De manera similar, la Iniciativa BEACON de la American Cancer Society gestionó a más de 6,125 pacientes en organizaciones piloto en el sector de países de mayor y menor nivel durante 2023, proporcionando evidencia localizada sobre la adopción y viabilidad de los programas de navegación en sistemas de salud con recursos limitados [15].

El concepto de innovación frugal proporciona una lente teórica adecuada para esta propuesta. La innovación sanitaria frugal se refiere a soluciones orientadas al contexto, escalables, rentables y resilientes, diseñadas para operar bajo condiciones restringidas, priorizando los resultados que importan en lugar de intervenciones de alta tecnología y alto coste [16]. Como se subrayó en la Reunión Anual del Foro Económico Mundial 2025, los futuros sistemas de salud deben ser descentralizados, habilitados digitalmente y centrados en la equidad, una visión que se alinea estrechamente con los principios de diseño de OncoRuta Mama [17]. En el sector sanitario, la innovación frugal se ha definido como una solución novedosa y satisfactoria en condiciones de escasez de recursos, adecuada para organizaciones que operan tanto bajo severas restricciones como bajo mandatos de acceso universal [18].

Este artículo tiene como objetivo transformar una caracterización clínica local de cáncer de mama en un modelo de innovación tecnofinanciera. El aporte central consiste en conectar datos epidemiológicos de dos centros de referencia con un producto mínimo viable de navegación digital, una propuesta de emprendimiento HealthTech, un análisis financiero determinístico y una ruta de implementación institucional para contextos de recursos limitados.

II. Materiales y métodos

A. *Diseño del estudio y origen de datos*

Se desarrolló un análisis aplicado de innovación sanitaria basado en un estudio transversal previamente estructurada. La base incluyó 104 mujeres con diagnóstico histopatológico de cáncer de mama atendidas entre octubre de 2023 y junio de 2024 en el Hospital General San Felipe y el Centro de Cáncer Emma Romero de Callejas, ambos ubicados en Tegucigalpa, Honduras. El conjunto de variables incluyó características sociodemográficas, factores clínicos, estadio, tipo histológico, modalidades terapéuticas y estado vital al cierre del periodo de observación.

Los criterios de inclusión incluyeron mujeres de 18 años o más con cáncer de mama confirmado histopatológicamente diagnosticado durante el periodo del estudio en cualquiera de los dos centros. Los criterios de exclusión incluyeron historiales médicos incompletos sin datos de estadificación o estado vital, y casos con malignidades primarias concurrentes en otros centros. Todos los datos fueron extraídos de los registros clínicos institucionales por personal capacitado utilizando un formulario de extracción estandarizado.

El análisis clínico conservó los resultados descriptivos y bivariados del estudio base. Las variables categóricas se resumieron mediante frecuencias y porcentajes, y los factores asociados con mortalidad se expresaron mediante razones de momios con intervalos de confianza de 95%. Los valores p provinieron de pruebas exactas o de Chi cuadrado según la distribución de frecuencias. Dado el bajo número de eventos, no se formuló un modelo multivariado confirmatorio.

B. *Reformulación tecnológica y financiera*

La reformulación del manuscrito siguió un enfoque de caso de uso. Primero, se identificaron cuellos de botella clínicos y sociales a partir de los datos observados. Segundo, se definió un producto mínimo viable denominado OncoRuta Mama, orientado a triaje comunitario, navegación de pacientes, seguimiento de referencias y tablero institucional. Tercero, se estableció un modelo de emprendimiento con clientes institucionales, propuesta de valor, estructura de costos e indicadores de desempeño. Cuarto, se construyó un escenario financiero determinístico con sensibilidad por volumen e ingreso unitario.

Los supuestos financieros se estimaron a partir de valores de referencia del mercado hondureño de servicios tecnológicos y no de registros contables oficiales. Se utilizaron como parámetros de prefactibilidad para examinar orden de magnitud, punto de equilibrio y recuperación simple de inversión. El escenario base consideró una inversión inicial de USD 45,000, costo fijo anual de USD 30,000, costo variable unitario de USD 2.90, financiamiento unitario de USD 8.00 por mujer navegada y volumen anual de 10,000 mujeres. El punto de equilibrio se calculó como costo fijo anual dividido entre margen unitario.

La sensibilidad se examinó mediante un volumen variable (de 3,000 a 15,000 mujeres al año) y financiación unitaria (de 5.00 USD a 12.00 USD por mujer navegada). Para robustecer el ejercicio, el análisis se extendió a un horizonte de cinco años, coherente con el ciclo de vida esperado de una plataforma digital, y se estimaron el valor presente neto (VPN) y el período de recuperación descontado con tasas de 3% y 10%. La sensibilidad determinística univariada varió cada parámetro en ±20%. Se construyeron además cuatro escenarios: adopción gradual (4,000 y 7,000 mujeres en el primer y segundo año, y 10,000 a partir del tercero), inflación anual de costos de 5% con financiamiento unitario no indexado, pesimista (costos fijo y variable +20% y financiamiento −20%) y optimista (las mismas variaciones en sentido favorable). La incertidumbre conjunta se examinó mediante un análisis de sensibilidad probabilístico con 10,000 iteraciones de Monte Carlo, en el que los cinco parámetros siguieron distribuciones triangulares con moda en el valor

base y límites de ±20%. Los umbrales de disposición a pagar y la razón de costo-efectividad incremental no se estimaron, porque requieren datos de efectividad clínica que solo podrá aportar el piloto prospectivo.

III. RESULTADOS

A. *Brecha clínica y oportunidad de innovación*

La cohorte mostró un perfil de alta vulnerabilidad social y elevada carga clínica se muestra en la Tabla I. El 88.5% reportó ingresos menores de 5,000 lempiras mensuales, 91.3% no tenía empleo formal, 65.4% tenía educación primaria o menor y 55.7% provenía de áreas rurales o externas a la capital. Desde la perspectiva clínica, 57.7% fue diagnosticada en estadios III o IV, 23.1% presentó metástasis al ingreso y la mortalidad observada fue de 9.6%. Estos hallazgos sugieren que el problema relevante para innovación que va más allá de sólo detectar casos, sino coordinar una ruta completa desde la sospecha hasta el tratamiento. Esto puede apreciarse en la Fig. 1.

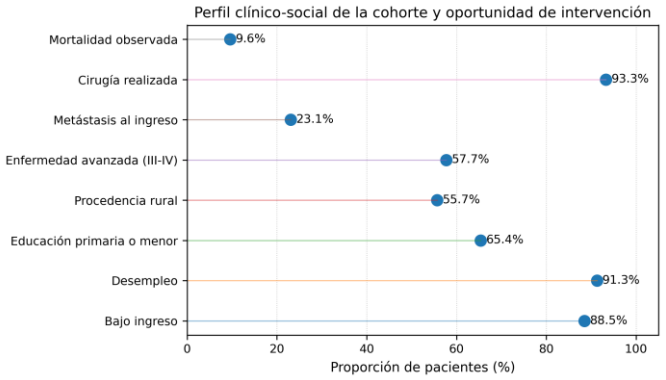


Fig. 1 Perfil sociodemográfico y clínico de 104 mujeres con cáncer de mama tratadas en dos centros oncológicos de referencia en Tegucigalpa, Honduras (octubre de 2023 - junio de 2024). Cada barra representa la proporción de pacientes que cumplen con el criterio clínico o de vulnerabilidad indicado. Se definieron a priori los umbrales de bajos ingresos (<5000 Lempiras hondureños al mes (HNL/mes)), bajo nivel educativo (primaria o inferior) y estadio avanzado (estadios III-IV). La coexistencia de vulnerabilidad económica y presentación en estadio avanzado resalta la necesidad de intervenciones integradas de orientación y protección financiera.

TABLA I
INDICADORES EMPÍRICOS Y LECTURA DE INNOVACIÓN

Indicador	Valor	Implicación
Bajo ingreso	88.5%	Financiamiento institucional
Desempleo	91.3%	Riesgo de abandono
Educación baja	65.4%	Interfaz simple
Rural/externa	55.7%	Referencia trazable
Estadio III o IV	57.7%	Ruta rápida
Metástasis	23.1%	Demora clínica

La Fig. 2 muestra que la mortalidad se concentró en estadios avanzados. Aunque el seguimiento fue corto, el patrón respalda una hipótesis operativa: cualquier innovación con capacidad de adelantar la sospecha, acortar la referencia y sostener la continuidad puede tener valor institucional, incluso antes de incorporar inteligencia artificial compleja.

B. *Factores asociados con mortalidad*

La metástasis mostró la asociación más intensa con mortalidad, con OR de 10.57 e intervalo de confianza de 95% de 2.48 a 45.10, para ello ver la Tabla II. El estadio avanzado presentó OR de 7.59, con intervalo amplio por el bajo número de eventos. La cirugía mostró una asociación protectora, con OR de 0.10 e intervalo de 0.02 a 0.56. Estos resultados no deben interpretarse como causalidad directa, pero sí como señales útiles para diseñar rutas de priorización, navegación y seguimiento; como se muestra en la Fig. 3.

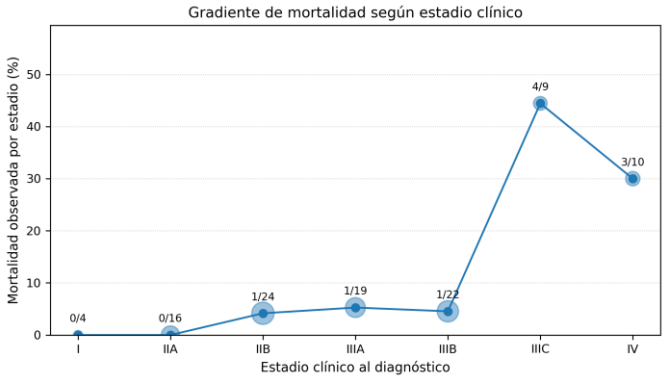


Fig. 2 Proporción de mortalidad observada según el estadio clínico al momento del diagnóstico en 104 mujeres con cáncer de mama. El diámetro del círculo es proporcional al número de pacientes en cada grupo de estadio. La mortalidad se concentró en los estadios III y IV, lo que respalda la hipótesis operativa de que las intervenciones capaces de aumentar la sospecha y acortar las vías de derivación pueden reducir la letalidad incluso en ausencia de tecnología diagnóstica avanzada. No se calcularon las estimaciones de supervivencia de Kaplan-Meier debido al corto período de observación y al diseño transversal.

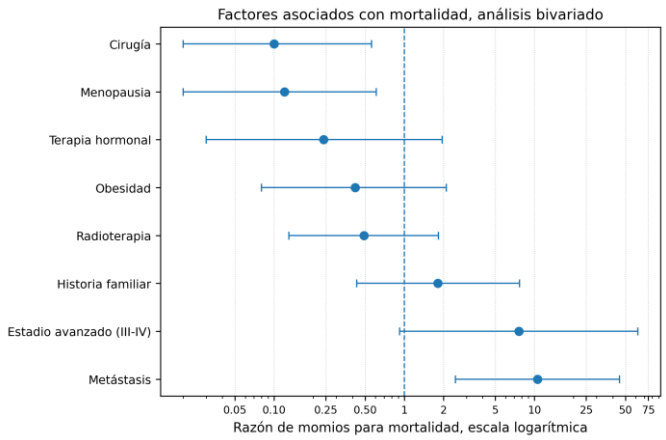


Fig. 3 Gráfico de bosque de razones de probabilidades (OR) no ajustadas con intervalos de confianza del 95% para los factores asociados con la mortalidad observada en la cohorte (n = 104; 10 muertes). El eje horizontal está en escala logarítmica. La línea vertical discontinua en OR = 1,0 indica el valor nulo. La metástasis al momento de la presentación mostró la asociación de riesgo más fuerte (OR = 10,57), mientras que el tratamiento quirúrgico mostró una asociación protectora (OR = 0,10). Los intervalos de confianza son amplios para algunos factores debido al número limitado de eventos. Los resultados

reflejan únicamente el análisis bivariado; no se realizó ningún ajuste multivariado.

TABLA II
ASOCIACIONES CLÍNICAS RELEVANTES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA

Factor	OR (IC 95%)	p
Metástasis	10.57 (2.48 – 45.10)	0.001
Estadio III o IV	7.59 (0.92 – 62.31)	0.042
Menopausia	0.12 (0.02 – 0.61)	0.006
Cirugía	0.10 (0.02 – 0.56)	0.019
Historia familiar	1.81 (0.43 – 7.69)	0.418
Obesidad	0.42 (0.08 – 2.10)	0.489

La asociación protectora observada para la menopausia (OR 0.12, IC 95% 0.02–0.61) debe interpretarse con cautela. Este hallazgo puede reflejar confusión por edad o etapa al diagnóstico, un sesgo de supervivencia en el que las mujeres posmenopáusicas presentaban una biología tumoral más indolente, o la ausencia de datos de subtipos moleculares que permitieran diferenciar los tumores positivos para receptores hormonales frente a los triples negativos. La falta de ajuste multivariante impide atribuir esta asociación a la menopausia per se. Los estudios futuros deberían incorporar perfilado molecular y ajustar por subtipo tumoral para aclarar esta observación.

C. Modelo de innovación tecnológica

OncoRuta Mama se propone como una plataforma HealthTech frugal, no como dispositivo diagnóstico autónomo. Su función es aumentar la visibilidad temprana del riesgo, organizar la referencia y reducir pérdidas de seguimiento. El producto mínimo viable (MVP) incluye cuatro módulos: registro móvil de señales de alarma y vulnerabilidad social, motor de priorización transparente, navegación digital de citas y tablero institucional con indicadores de proceso. La lógica de diseño privilegia explicabilidad, interoperabilidad simple, operación con conectividad limitada y trazabilidad auditable. Los componentes se detallan en la Tabla III y su arquitectura de soporte, en la Tabla IV.

El motor inicial no requiere modelos opacos, sino que puede combinar reglas clínicas, síntomas de alarma, edad, procedencia, barreras económicas, sospecha clínica previa y disponibilidad de cita. El objetivo no es reemplazar mamografía, biopsia ni criterio oncológico, sino ordenar el flujo de pacientes. Esta decisión reduce riesgo regulatorio, acelera adopción y permite generar datos de calidad para una fase posterior de analítica predictiva.

TABLA III
COMPONENTES TECNOLÓGICOS Y PROPUESTAS DE VALOR

Componente	Tecnología	Valor
Captación	Formulario offline	Cobertura rural
Priorización	Reglas explicables	Validación rápida
Navegación	Alertas y bitácora	Ruta completada
Analítica	Dashboard	Compra por valor
Gobernanza	Roles y trazas	Confianza

La arquitectura de referencia se organiza en cinco capas desacopladas (Tabla IV). La capa de captura es una aplicación web progresiva instalable en teléfonos Android de gama básica, con almacenamiento local cifrado y una cola de sincronización diferida que transmite los registros cuando se restablece la conectividad; los conflictos de edición se resuelven por marca temporal y quedan registrados para revisión. La capa de servicios expone una interfaz de programación REST que aloja el motor de priorización, implementado como una tabla de reglas versionada y editable por un comité clínico, de modo que cada decisión pueda reconstruirse con la versión de regla vigente al momento del triaje. La capa de datos combina una base relacional transaccional, un índice maestro de pacientes basado en el Documento Nacional de Identificación, con concordancia probabilística por nombre, fecha de nacimiento y municipio cuando este falta, y un repositorio inmutable de auditoría. La capa de interoperabilidad funciona como fachada HL7 FHIR hacia los sistemas externos, y la capa de presentación ofrece tableros diferenciados para navegadoras, personal de referencia, gerencia hospitalaria y autoridad municipal. La seguridad atraviesa todas las capas mediante cifrado en tránsito y en reposo, autenticación federada y control de acceso por roles.

TABLA IV
ARQUITECTURA TECNOLÓGICA DE REFERENCIA POR CAPAS

Capa	Componentes	Estándar o mecanismo
Captura	PWA fuera de línea, cola de sincronización	Cifrado local, envío diferido
Servicios	API REST, motor de reglas versionado, SMS	JSON, OpenAPI
Datos	Base relacional, índice maestro, auditoría	DNI, concordancia probabilística
Interoperabilidad	Fachada FHIR, adaptadores por lotes	HL7 FHIR, ICD-10, ICD-O-3
Presentación	Tableros por rol	Indicadores de la Tabla VIII
Seguridad	Cifrado, autenticación, roles	TLS, AES-256, OAuth 2.0

El flujo operativo comprende seis pasos, cada uno con sellos de tiempo automáticos que constituyen la fuente primaria de los indicadores de desempeño. (1) Captación: el personal del primer nivel o los promotores comunitarios registran signos de alarma, como masa palpable, cambios cutáneos, retracción o secreción del pezón y adenopatía axilar, junto con antecedentes y barreras sociales (T0). (2) Priorización: el motor asigna nivel alto, intermedio o rutinario y genera una referencia electrónica que documenta la regla aplicada. (3) Asignación: la referencia se convierte en una tarea para la navegadora del territorio, con un plazo definido para el primer contacto. (4) Coordinación: la navegadora confirma la cita en el centro de referencia (T1), registra barreras de transporte, costo o cuidado de dependientes y activa los apoyos disponibles, mientras la plataforma envía recordatorios por mensaje de texto. (5) Seguimiento de hitos: se documentan la primera consulta especializada (T2), los estudios de imagen, la biopsia, el diagnóstico histopatológico

(T3) y el inicio del tratamiento (T4); una cita perdida o un hito no registrado dentro del plazo esperado dispara una alerta de reactivación. (6) Cierre y continuidad: la ruta diagnóstica se considera completada al iniciar el tratamiento o, en casos benignos, con el egreso documentado y la contrarreferencia al primer nivel; en pacientes con cáncer, la navegación se mantiene hasta concluir el esquema multimodal indicado.

La protección de datos y la gobernanza ética son fundamentales en el diseño de la plataforma. Dada la sensibilidad de la información oncológica y la vulnerabilidad de la población objetivo, OncoRuta Mama debe cumplir con las normativas nacionales de protección de datos e incorporar principios de privacidad desde el diseño: cifrado de extremo a extremo, control de acceso basado en roles, registros de auditoría, pseudonimización de identificadores de pacientes y consentimiento informado explícito para la recogida y uso de datos. El marco ético debería abordar la propiedad, transferencia y almacenamiento de datos a través de los límites institucionales, siguiendo las recomendaciones establecidas para la implementación ética de la salud digital [19], [20]. Se debe prestar especial atención a la brecha de alfabetización digital en la población objetivo, asegurando que los procesos de consentimiento sean culturalmente apropiados y accesibles.

La plataforma debería adoptar HL7 FHIR (Recursos de Interoperabilidad Rápida en Atención Sanitaria) como su estándar de intercambio de datos para garantizar la compatibilidad con los sistemas nacionales de información sanitaria y la posible integración con los registros médicos electrónicos existentes. La arquitectura también debe soportar la codificación ICD-O-3 para la topografía y morfología del cáncer, y alinearse con el conjunto de datos mínimo de la OMS para registros de cáncer de mama. Estos estándares de interoperabilidad reducen el riesgo de silos de datos y facilitan la integración futura con sistemas regionales de vigilancia del cáncer [20], [21].

La interoperabilidad con los sistemas existentes se plantea de forma escalonada, dado que buena parte de los establecimientos aún opera con registros en papel o con sistemas sin interfaces de programación. En el nivel básico, la plataforma intercambia archivos estructurados por lotes, mapeados a un diccionario de datos común, con los registros estadísticos institucionales y con las agendas de consulta externa. En el nivel intermedio, la fachada FHIR publica y consume los recursos Patient, ServiceRequest, Task, Appointment, Encounter, Condition, DiagnosticReport, Consent y AuditEvent, que representan de forma estandarizada la referencia, la tarea de navegación, la cita, el diagnóstico, el consentimiento y la trazabilidad de accesos. En el nivel avanzado, la integración con expedientes clínicos electrónicos se realizaría mediante interfaces REST autenticadas y suscripciones a eventos. La codificación de diagnósticos con ICD-10 y de la morfología tumoral con ICD-O-3 permite, además, la notificación estructurada a registros hospitalarios y poblacionales de cáncer.

D. Modelo de emprendimiento y sostenibilidad

La propuesta emprendedora se estructura como un servicio digital institucional, no como una aplicación aislada para consumidor final, como se muestra en la Tabla V. Los clientes potenciales son redes públicas de salud, municipalidades, aseguradores, organizaciones no gubernamentales, programas de responsabilidad social y centros oncológicos que requieran trazabilidad de referencias. La usuaria final no debería asumir el costo directo del servicio, debido a la vulnerabilidad económica observada y al riesgo de profundizar la inequidad.

El modelo de ingresos puede combinar tres mecanismos: licencia territorial por población cubierta, pago por mujer navegada y pago por desempeño vinculado con ruta completada. Esta arquitectura permite alinear incentivos con valor sanitario, ya que el emprendimiento no se remunera solo por registrar mujeres, sino por cerrar brechas de diagnóstico y continuidad. La estructura de costos incluye desarrollo, seguridad, capacitación, soporte, mensajería, coordinación operativa y evaluación de calidad. Para mas detalle ver la Fig. 4.

TABLA V
SUPUESTOS Y RESULTADOS DEL ESCENARIO FINANCIERO BASE

Indicador	Valor (USD)	Lectura
Inversión inicial	45,000.00	Desarrollo y seguridad
Costo fijo anual	30,000.00	Soporte y nube
Costo variable	2.90	Seguimiento básico
Financiamiento	8.00	Contrato institucional
Equilibrio	5,882.00 / año	Escala mínima
Recuperación	2.14 / años	Con 10,000 / año

El escenario base sugiere que la sostenibilidad depende menos del precio unitario aislado y más de alcanzar volumen operativo suficiente. Con USD 8.00 por mujer navegada, el punto de equilibrio se alcanza cerca de 5,882 mujeres por año. Por debajo de ese volumen, el modelo debería financiarse como piloto de innovación pública o mediante cooperación. Por encima de 10,000 mujeres anuales, la estructura comienza a generar margen para soporte, mejora continua y expansión territorial.

La Tabla VI resume la extensión del análisis. Con un horizonte de cinco años, el VPN del escenario base fue USD 51,174 a una tasa de 3% y USD 34,607 a 10%, con períodos de recuperación descontados de 2.25 y 2.54 años. En la sensibilidad univariada, el financiamiento unitario fue el parámetro de mayor influencia, con VPN entre USD −22,101 y 124,449, seguido del volumen anual (USD 4,461 a 97,887); el costo fijo, el costo variable y la inversión inicial produjeron rangos más estrechos. El financiamiento mínimo que anula el VPN a 3% con 10,000 mujeres anuales fue USD 6.88 por mujer navegada. La adopción gradual redujo el VPN a USD 7,043 y prolongó la recuperación a 4.61 años, mientras que la combinación pesimista generó pérdidas operativas anuales y elevó el punto de equilibrio a 12,329 mujeres. En el análisis

probabilístico, el VPN medio fue USD 50,192 (intervalo de 95%: −21,089 a 130,387), la probabilidad de VPN positivo fue 90.2% y la de recuperar la inversión en tres años o menos, 73.5%.

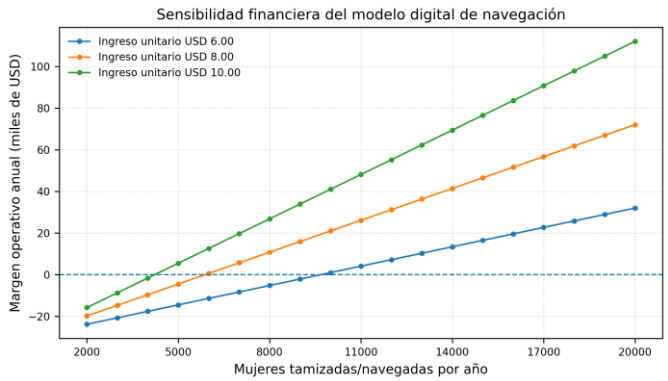


Fig. 4 Análisis de sensibilidad determinista del modelo financiero OncoRuta Mama. Las líneas representan el margen operativo anual estimado (miles de USD) en función del volumen anual de mujeres navegadas (2,000–20,000), para financiamientos unitarios de USD 6.00, 8.00 y 10.00. La línea horizontal discontinua señala el margen nulo. Con un financiamiento base de USD 8.00/mujer, la sostenibilidad financiera requiere un flujo mínimo de aproximadamente 5882 mujeres/año. Costos fijos: USD 30,000/año; costo variable: USD 2.90/mujer; inversión inicial: USD 45,000.

TABLA VI
ESCENARIOS DE SENSIBILIDAD A CINCO AÑOS

Escenario	VPN 3% (USD)	Recuperación (años)	Equilibrio (mujeres/año)
Base	51,174	2.25	5,882
Adopción gradual	7,043	4.61	5,882
Inflación de costos 5%	23,628	2.56	5,882–8,149
Pesimista	−76,142	No recupera	12,329
Optimista	178,490	0.95	3,297
Probabilístico*	50,192 (−21,089 a 130,387)	2.19	5,903 (4,403–8,236)

Recuperación: período descontado a 3%. *Media del VPN, mediana de recuperación y mediana del equilibrio, con intervalos de 95%, en 10,000 iteraciones de Monte Carlo.

IV. DISCUSIÓN

El principal aporte de este trabajo es reubicar el cáncer de mama como un problema de sistema, mercado y tecnología, además de un problema clínico. La cohorte confirma una combinación de vulnerabilidad social, enfermedad avanzada y mortalidad concentrada en pacientes con metástasis. Este patrón es coherente con la literatura sobre demoras diagnósticas en países en desarrollo [22], desigualdades de supervivencia global [23] y necesidad de detección temprana articulada con tratamiento oportuno [24].

Varias iniciativas de salud digital en países de ingresos bajos y medianos (PIBM) ofrecen comparadores relevantes, como lo es la aplicación MAwar en Malasia se desarrolló mediante un diseño participativo para promover la realización de pruebas de detección de cáncer de mama y de cuello uterino entre mujeres con bajos niveles de alfabetización e ingresos, lo que demuestra que los enfoques centrados en el usuario mejoran la aceptación en poblaciones similares [25]. Una revisión exploratoria de aplicaciones de salud móvil implementadas mediante la participación comunitaria para la detección del cáncer, que abarca evidencia hasta febrero de 2025, encontró que la participación temprana de la comunidad y las interfaces adaptadas culturalmente fueron determinantes clave para la adopción sostenida [26]. Además, The Lancet Digital Health ha destacado que las soluciones digitales que aprovechan la inteligencia artificial para la detección, la telepatología y el diagnóstico móvil se están implementando cada vez más en PIBM, con énfasis en la reducción de las disparidades en la atención del cáncer a través de tecnología apropiada al contexto [27]. OncoRuta Mama se diferencia de estas iniciativas por su integración explícita de modelos de sostenibilidad financiera y arquitectura de cliente institucional, lo que aborda una brecha identificada en la mayoría de los proyectos piloto de salud digital: la ausencia de un modelo de negocio viable más allá de la implementación financiada con subvenciones.

Desde el punto de vista tecnológico, el diseño propuesto evita la trampa de la sofisticación prematura. En contextos de baja disponibilidad de datos, infraestructura limitada y brechas de alfabetización digital, la innovación más robusta puede ser una plataforma explicable de navegación, con reglas trazables y métricas operativas. La inteligencia artificial puede incorporarse progresivamente cuando existan datos longitudinales de calidad, biomarcadores, imágenes o resultados de seguimiento. Esta secuencia reduce riesgo técnico y facilita aceptación clínica.

Desde el punto de vista de negocios, el modelo se aproxima a una innovación de impacto con clientes institucionales y usuarias protegidas de cobros directos. Esta distinción es crucial. Si la solución depende del pago de mujeres de bajo ingreso, reproduce la barrera que pretende resolver. En cambio, si se financia mediante contratos territoriales, aseguramiento, cooperación o compra basada en valor, el emprendimiento puede crecer sin trasladar la carga financiera a la paciente. La evidencia sobre toxicidad financiera en cáncer de mama refuerza esta decisión de diseño [7].

El componente financiero debe interpretarse como prefactibilidad, no como evaluación económica definitiva. Aun así, el ejercicio permite una conversación concreta con decisores. Un costo fijo anual de USD 30,000 y un costo variable de USD 2.90 por mujer son compatibles con una solución digital ligera, siempre que se controle el alcance funcional y se aprovechen herramientas web, nube económica, capacitación local y tableros interoperables. La sensibilidad muestra que el escalamiento territorial es condición de sostenibilidad. El análisis ampliado matiza esta lectura. El financiamiento unitario pesó más que el volumen sobre el VPN, y el umbral de USD 6.88 por mujer navegada ofrece a

los compradores institucionales un piso explícito de negociación. El escenario de adopción gradual, que casi anula el VPN a 3%, indica que el primer bienio debería cubrirse con financiamiento de arranque no reembolsable, y el escenario inflacionario aconseja contratos con cláusulas de indexación. La tasa de 3% sigue la convención recomendada para evaluaciones económicas en salud [28], mientras que la de 10% representa un supuesto conservador sobre el costo de oportunidad del capital en un emprendimiento de riesgo.

La innovación también tiene una dimensión institucional. La adopción dependerá de la compatibilidad con el flujo real de centros de salud, la existencia de responsables de navegación, la confianza de oncólogos y médicos generales, la calidad de datos y la protección de información sensible. Por ello, la ruta de implementación debe combinar piloto, validación, regulación, interoperabilidad y medición de resultados de implementación, como adopción, aceptabilidad, factibilidad, fidelidad y sostenibilidad [11], [12].

Desde el punto de vista operativo, la plataforma debe abordar los desafíos de conectividad en las zonas rurales de Honduras, donde la cobertura de internet sigue siendo intermitente. La arquitectura sin conexión a internet, mencionada en la descripción del producto mínimo viable (MVP), es fundamental, pero debe validarse en condiciones reales. La fragmentación de dispositivos, la baja capacidad de almacenamiento en los smartphones básicos y las limitaciones de la batería en zonas con suministro eléctrico inestable son factores adicionales que afectan la usabilidad. La sostenibilidad del soporte técnico es otra preocupación: las soluciones digitales de bajo costo a menudo fallan no por problemas tecnológicos, sino por la falta de capacidad de mantenimiento local. El plan de implementación debe incluir un modelo de formación de formadores para trabajadores de salud comunitarios, protocolos básicos de resolución de problemas y una estructura de soporte escalonada que no dependa exclusivamente de personal técnico centralizado.

V. Ruta de implementación propuesta

La implementación se plantea en cuatro fases, resumidas en la Tabla VII. La primera fase, de tres meses, debe producir el producto mínimo viable, manuales operativos, diccionario de datos, protocolo de consentimiento y tablero básico. La segunda fase, de seis meses, debe ejecutarse en una red piloto de centros de salud y un centro de referencia, con medición de completitud de datos, tiempo a referencia y proporción de pacientes con cita confirmada. La tercera fase, de nueve meses, debe ampliar cobertura territorial, incorporar acuerdos de financiamiento y evaluar costo por ruta completada. La cuarta fase debe institucionalizar el modelo mediante integración con registros existentes, auditoría de calidad y esquema de mejora continua.

Para evaluar el desempeño del sistema en futuras implementaciones se definió un conjunto mínimo de indicadores con definición operativa y meta (Tabla VIII). Los intervalos temporales se calculan a partir de los sellos T0 a T4 que la plataforma registra de forma automática, lo que evita reconstruir fechas desde expedientes. Las metas de diagnóstico en 60 días, tratamiento multimodal completo en al menos 80% y diagnóstico en estadios I o II en al menos 60% corresponden a los indicadores clave de la GBCI [3]; las demás son metas iniciales que se ajustarán con la línea de base del piloto.

TABLA VII
Fases, indicadores y decisiones de escalamiento

Fase	Indicadores	Decisión
Técnico	Calidad, seguridad	Ajustar MVP
Clínico	Cita, abandono	Validar valor
Escala	Cobertura, costo	Financiar
Institucional	Auditoría, datos	Formalizar

En la cohorte analizada, la proporción diagnosticada antes del estadio III fue 42.3%, valor que sirve como referencia para el indicador de estadio. La satisfacción de las usuarias se medirá con la escala de satisfacción con la relación interpersonal con la navegadora (PSN-I), validada en población hispanohablante [29], y la usabilidad percibida por el personal, con la System Usability Scale [30]. Los indicadores se reportarán mensualmente en el tablero institucional, desagregados por municipio y centro, y su evolución se analizará mediante series de tiempo interrumpidas respecto del periodo previo a la implementación.

TABLA VIII
Indicadores de desempeño para futuras implementaciones

Dominio	Indicador (definición operativa)	Meta
Referencia	Mediana de días entre triaje positivo y primera consulta especializada (T0–T2)	≤ 30 días
Diagnóstico	Mediana de días entre T0 y diagnóstico histopatológico (T3)	≤ 60 días [3]
Tratamiento	Mediana de días entre diagnóstico e inicio del tratamiento (T3–T4)	≤ 30 días
Continuidad	Proporción que completa el tratamiento multimodal indicado	≥ 80% [3]
Continuidad	Pérdida de seguimiento: más de 60 días sin contacto ni hito registrado	≤ 10%
Adherencia	Asistencia a citas confirmadas por la navegadora	≥ 85%
Satisfacción	Usuarias con puntuación media PSN-I ≥ 4 de 5	≥ 80%
Usabilidad	Puntuación media de la System Usability Scale en el personal	≥ 68
Eficiencia	Registros completos; costo total anual dividido entre rutas completadas	≥ 95%; tendencia descendente
Impacto	Proporción de diagnósticos en estadios I o II	≥ 60% [3]

VI. Limitaciones

Este estudio tiene limitaciones importantes. El estudio original fue transversal y el periodo de observación fue corto, por lo que no permite estimar supervivencia a largo plazo ni inferir causalidad. El número de muertes fue reducido, lo que explica intervalos amplios en algunas asociaciones. El modelo

financiero incorpora descuento, escenarios y análisis probabilístico, pero se basa en supuestos de prefactibilidad, no en una contabilidad oficial de costos. Tampoco estima costo-efectividad, pues aún no se dispone de datos de efectividad. La propuesta tecnológica requiere validación prospectiva, aprobación institucional, evaluación de protección de datos, capacitación de usuarios y análisis de desempeño en diferentes territorios. Además, la ausencia de información molecular limita la capacidad para interpretar la mayor mortalidad observada en mujeres jóvenes.

Además, el estudio no recopiló datos sobre subtipos moleculares (estado del receptor hormonal, expresión de HER2, índice Ki-67), lo que limita la capacidad de estratificar el pronóstico e interpretar asociaciones como el aparente efecto protector de la menopausia. El modelo financiero no tuvo en cuenta más allá del escenario de inflación de costos, la fluctuación cambiaria (Lempira/USD) ni los costos de oportunidad del tiempo del personal institucional dedicado a la plataforma. La generalización de los hallazgos de dos centros terciarios en Tegucigalpa a redes de salud rurales o descentralizadas aún debe establecerse mediante validación multicéntrica.

VII. Conclusiones

La caracterización clínica de mujeres con cáncer de mama atendidas en dos centros de referencia en Honduras revela una oportunidad clara para innovación tecnológica y emprendimiento social en salud. La alta frecuencia de enfermedad avanzada, vulnerabilidad económica y metástasis al ingreso sugiere que el sistema necesita herramientas de navegación, referencia y seguimiento, no solo más registros clínicos. OncoRuta Mama se propone como un modelo HealthTech frugal, explicable y financieramente evaluable, orientado a mejorar la continuidad asistencial sin trasladar costos a las pacientes.

El análisis tecnofinanciero muestra que la sostenibilidad es plausible si se alcanza escala territorial y se estructura un financiamiento institucional por valor. El análisis probabilístico respalda esta lectura, con 90.2% de probabilidad de VPN positivo a cinco años, siempre que el financiamiento unitario se mantenga por encima de USD 6.88 por mujer navegada. La contribución del artículo es ofrecer una ruta integrada que une evidencia epidemiológica, diseño digital, modelo de negocio, protección financiera y métricas de implementación. La siguiente etapa debe ser un piloto prospectivo con medición de tiempos diagnósticos, abandono, costo por ruta completada, aceptabilidad y seguridad de datos, conforme a los indicadores definidos en la Tabla VIII.

Los trabajos futuros deberían priorizar un proyecto piloto con resultados de implementación predefinidos (adopción, aceptabilidad, viabilidad, fidelidad y sostenibilidad), un análisis formal de costo-efectividad que integre resultados sanitarios y umbrales de disposición a pagar y la alineación regulatoria con el marco emergente de gobernanza de la salud digital en Honduras. La integración de datos de subtipos moleculares y el desarrollo de algoritmos de estratificación de riesgo validados deberían preceder a cualquier incorporación de análisis predictivos en el motor de navegación.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo recibido del Instituto de Investigación en Ciencias Médicas y Derecho a la Salud (ICIMEDES) de la Facultad de Ciencias Médicas (FCM) y la Dirección de Investigaciones Científicas, Humanísticas y Tecnológicas (DICIHT) todas ellas de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH).

Referencias

[1] F. Bray, *et al.*, "Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries," *CA Cancer J. Clin.*, vol. 74, no. 3, pp. 229–263, May/Jun. 2024, doi: 10.3322/caac.21834.

[2] World Health Organization, "Breast cancer," WHO, Jul. 3, 2026. [Online]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer Accessed: Sep. 24, 2026.

[3] World Health Organization, *Global Breast Cancer Initiative Implementation Framework: Assessing, Strengthening and Scaling Up of Services for the Early Detection and Management of Breast Cancer*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2023.

[4] N. Harbeck, *et al*., "Breast cancer," *Nat. Rev. Dis. Primers*, vol. 5, Art. no. 66, Sep. 2019, doi: 10.1038/s41572-019-0111-2.

[5] International Agency for Research on Cancer, "Country fact sheet: Honduras (El Paraíso, Copán, Tegucigalpa)—Breast cancer screening programme," *Cancer Screening in Five Continents (CanScreen5)*. [Online]. https://canscreen5.iarc.fr Accessed: Sep. 24, 2026.

[6] A. G. Waks and E. P. Winer, "Breast cancer treatment: A review," *JAMA*, vol. 321, no. 3, pp. 288–300, Jan. 2019, doi: 10.1001/jama.2018.19323.

[7] A. N. Ehsan *et al*., "Financial toxicity among patients with breast cancer worldwide: A systematic review and meta-analysis," *JAMA Netw. Open*, vol. 6, no. 2, Art. no. e2255388, Feb. 2023, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2022.55388.

[8] M. E. Porter, "What is value in health care?," *N. Engl. J. Med.*, vol. 363, no. 26, pp. 2477–2481, Dec. 2010, doi: 10.1056/NEJMp1011024.

[9] World Health Organization, *Global Strategy on Digital Health 2020–2025*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2021.

[10] T. Greenhalgh, G. Robert, F. Macfarlane, P. Bate, and O. Kyriakidou, "Diffusion of innovations in service organizations: Systematic review and recommendations," *Milbank Q.*, vol. 82, no. 4, pp. 581–629, Dec. 2004, doi: 10.1111/j.0887-378X.2004.00325.x.

[11] L. J. Damschroder, D. C. Aron, R. E. Keith, S. R. Kirsh, J. A. Alexander, and J. C. Lowery, "Fostering implementation of health services research findings into practice: A consolidated framework for advancing implementation science," *Implement. Sci.*, vol. 4, Art. no. 50, Aug. 2009, doi: 10.1186/1748-5908-4-50.

[12] E. Proctor *et al*., "Outcomes for implementation research: Conceptual distinctions, measurement challenges, and research agenda," *Adm. Policy Ment. Health*, vol. 38, no. 2, pp. 65–76, Mar. 2011, doi: 10.1007/s10488-010-0319-7.

[13] World Health Organization, *Patient Navigation for Early Detection, Diagnosis and Treatment of Breast Cancer: Technical Brief*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2024

[14] E. Shash *et al*., "Streamlining care through patient navigation: A retrospective cohort study of timely anti-HER2 therapy in early breast cancer in a low-middle income country," *BMC Health Serv. Res.*, vol. 25, Art. no. 1454, Nov. 2025, doi: 10.1186/s12913-025-13606-8.

[15] H. Freedman, S. Umar, A. Chybisov, A. K. Agrawal, E. Krisel, and K. McComb, "Patient navigation in low- and middle-income countries:

Lessons learned from the American Cancer Society's BEACON Initiative pilot," *J. Oncol. Navig. Surviv.*, vol. 16, no. 7, Jul. 2025.
[16]M. H. Akhtar and J. Ramkumar, "Learning from socially driven frugal innovation to design the future of healthcare: A case of mobile Primary Health Center," *Health Care Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–31, Feb. 2024, doi: 10.1002/hcs2.80.
[17]G. Ghewade, "How frugal healthcare innovation can rebuild global health systems," World Economic Forum, May 6, 2025. [Online]. https://www.weforum.org/stories/2025/05/healthcare-innovation-frugal-global-health-systems/ Accessed: Sep. 24, 2026.
[18]C. Bianchi, M. Bianco, M. Ardanche, and M. Schenck, "Healthcare frugal innovation: A solving problem rationale under scarcity conditions," *Technol. Soc.*, vol. 51, pp. 74–80, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.techsoc.2017.08.001.
[19]S. Borkar, S. Chakole, R. Prasad, and S. Bansod, "Revolutionizing oncology: A comprehensive review of digital health applications," *Cureus*, vol. 16, no. 4, Art. no. e59203, Apr. 2024, doi: 10.7759/cureus.59203.
[20]D. Mustafa and M. Al-Kfairy, "Editorial: Ethical considerations in electronic data in healthcare," *Front. Public Health*, vol. 12, Art. no. 1454323, Jul. 2024, doi: 10.3389/fpubh.2024.1454323.
[21]Health Level Seven International, "HL7 FHIR Release 5," 2023. [Online]. Available: https://hl7.org/fhir/
[22]M. M. Rivera-Franco and E. Leon-Rodriguez, "Delays in breast cancer detection and treatment in developing countries," *Breast Cancer (Auckl.)*, vol. 12, Art. no. 1178223417752677, Jan. 2018, doi: 10.1177/1178223417752677.
[23]C. Allemani *et al*., "Global surveillance of trends in cancer survival 2000–14 (CONCORD-3): Analysis of individual records for 37 513 025 patients diagnosed with one of 18 cancers from 322 population-based registries in 71 countries," *Lancet*, vol. 391, no. 10125, pp. 1023–1075, Mar. 2018, doi: 10.1016/S0140-6736(17)33326-3.
[24] K. C. Oeffinger *et al*., "Breast cancer screening for women at average risk: 2015 guideline update from the American Cancer Society," *JAMA*, vol. 314, no. 15, pp. 1599–1614, Oct. 2015, doi: 10.1001/jama.2015.12783.
[25]N. Nasrudin *et al*., "Increasing the uptake of breast and cervical cancer screening via the MAwar application: Stakeholder-driven web application development study," *JMIR Form. Res.*, vol. 9, Art. no. e65542, Mar. 2025, doi: 10.2196/65542.
[26]M. T. Riccardi *et al*., "Implementing mHealth apps through community engagement to promote cancer screening: A scoping review," *Healthcare*, vol. 13, no. 10, Art. no. 1161, May 2025, doi: 10.3390/healthcare13101161.
[27]J. W. Gichoya, R. Mwavu, F. Minja, N. Kaonga, S. Purkayastha, and J. Newsome, "Leveraging digital technologies to reduce cancer disparities in low-income and middle-income countries," *Lancet Digit. Health*, vol. 7, no. 10, Art. no. 100937, Oct. 2025, doi: 10.1016/j.landig.2025.100937.
[28]G. D. Sanders *et al*., "Recommendations for conduct, methodological practices, and reporting of cost-effectiveness analyses: Second Panel on Cost-Effectiveness in Health and Medicine," *JAMA*, vol. 316, no. 10, pp. 1093–1103, Sep. 2016, doi: 10.1001/jama.2016.12195.
[29]P. Jean-Pierre, K. Fiscella, P. C. Winters, E. Paskett, K. Wells, and T. Battaglia, "Cross-cultural validation of a Patient Satisfaction with Interpersonal Relationship with Navigator measure: A multi-site patient navigation research study," *Psycho-Oncology*, vol. 21, no. 12, pp. 1309–1315, Dec. 2012, doi: 10.1002/pon.2018.
[30]J. Brooke, "SUS: A 'quick and dirty' usability scale," in *Usability Evaluation in Industry*, P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, and I. L. McClelland, Eds. London, U.K.: Taylor & Francis, 1996, pp. 189–194.