

## Reporte de caso

## Preparación sistémica para la e-salud: Caso de estudio para la vigilancia nutricional infantil Wayúu

### *Systemic Readiness for e-health: Case study for Wayuu's child nutrition surveillance*

Sandra Milena Merchán-Rubiano <sup>1\*</sup>  [ORCID](#), Paula Ximena Deaza Gómez <sup>2</sup>

\* Autor de correspondencia.

<sup>1</sup> Docente investigadora, Grupo de Investigación Osiris & Bioaxis, Universidad El Bosque.

<sup>2</sup> Estudiante, programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad El Bosque.

#### Fecha correspondencia:

Recibido: mayo 23 de 2022.

Aceptado: febrero 22 de 2023.

#### Forma de citar:

Merchán-Rubiano S, Deaza Gómez P. Marco de trabajo integrado para la preparación de sistemas e-salud: Caso de estudio para la vigilancia nutricional infantil Wayúu. Rev. CES Salud Pública y Epi. 2022; 1(2): 152-168. <https://dx.doi.org/10.21615/cesspe.6749>

#### Open access

© Derecho de autor

Licencia creative commons

Ética de publicaciones

Revisión por pares

Gestión por Open Journal System

DOI: 10.21615/cesspe.6749

ISSNe: 2954-5587

#### Publica con nosotros

## Resumen

**Propósito:** el propósito del presente artículo es presentar un marco de trabajo para la evaluación y maduración de la preparación de sistemas *e-salud*, a partir de la experiencia en la formulación y evaluación de madurez tecnológica de un sistema de vigilancia intersectorial para la salud nutricional infantil Wayúu. Es útil para valorar la preparación de las soluciones e-salud de manera integrada para todos los componentes del sistema, desde cuatro dimensiones y en seis niveles de preparación, que cubren la fase de investigación básica y demostración de la solución. **Problema:** dicho marco de trabajo responde a la necesidad emergida de integrar otros referentes de preparación/maduración tecnológica, diferentes a la escala TRL (Technology Readiness Levels), en consideración de sus posibilidades y limitaciones. **Método:** el marco de trabajo se construye con un método en tres momentos: fundamentación, síntesis conceptual y concreción; y se formula hibridando las escalas TRL, HRL, EHRA, SRL. teniendo en cuenta los principios de la investigación e innovación responsables. **Resultados:** los resultados se discuten en referencia los aportes que hace el marco de trabajo a los equipos de investigación para la comprensión holística de los sistemas para la *e-salud*, la responsabilidad ética y social de los procesos de investigación y desarrollo, y la necesidad del abordaje inter o transdisciplinar.

**Palabras claves:** madurez tecnológica; preparación social; preparación humana; investigación e innovación responsables; *e-salud*; nutrición infantil; vigilancia nutricional.

## Abstract

**Purpose:** this work presents an integrated framework for e-health systems readiness, based on the experience in formulating and implementing an intersectoral surveillance system for Wayúu child nutritional health. This framework is useful for e-health solutions readiness assessment in an integrated manner, for all the system's components in four dimensions at six readiness levels, covering basic research and solution's demonstration phases. **Problem:** the framework responds to the need for integrating other maturity/readiness frameworks, different from the TRL scale. **Method:** the proposed framework was built in three moments: foundations, conceptual synthesis and framework specification. It is formulated by hybridizing the TRL, HRL, EHRA, and SRL scales, considering the Responsible Research and Innovation principles and values. **Results:** the results discussed how the framework contributes to research teams in understanding the e-health systems multidimensional notion, the ethical and social responsibility involved in the research and development processes, and the need for an inter or transdisciplinary approach. The research actions to be followed beyond this work are also defined.

**Keywords:** technological readiness; social readiness; human readiness; responsible research and innovation; e-health; child nutrition; nutrition surveillance.

## Introducción

El problema de muertes infantiles por desnutrición o enfermedades asociadas a esta en La Guajira colombiana ha sido ampliamente difundido en el último decenio. Diferentes estudios han mostrado que en este departamento mueren más niños y niñas por desnutrición que en el resto del país, aportando la quinta parte del total de decesos por esta causa en el año 2019, con una tasa de mortalidad 6 veces mayor que la media nacional <sup>(1)</sup>. Según el perfilamiento en salud de los pueblos indígenas expedido por el Ministerio de Salud Nacional en el año 2016 <sup>(2)</sup>, en el periodo comprendido entre 2008 y 2013 las deficiencias y anemias nutricionales fueron la principal causa de muerte en niños indígenas, con 728 casos. En este mismo periodo, por cada niño no indígena que falleció, fallecieron 2.11 niños indígenas, siendo la desnutrición una de las dos causas de muerte que sólo está presente en el pueblo indígena.

Interesado por esta problemática en la comunidad Wayúu en la Guajira colombiana, a través de visitas y la indagación a diferentes actores en el municipio de Manaure en los años 2016 y 2017, el grupo de investigación Osiris & Bioaxis de la Facultad de Ingeniería de la Universidad El Bosque identifica un problema de investigación susceptible de abordar desde la ingeniería, y es que *el proceso de atención y gestión de la información sobre la salud nutricional infantil Wayúu*, no permite la detección temprana de casos de desnutrición y su posterior seguimiento

y resolución; volviéndose esto en una de las posibles causas de muerte infantil por desnutrición, y enfermedades asociadas a esta.

Es importante anotar que no se desconoce la naturaleza multicausal del fenómeno, en la que participan factores estructurales, como la atención centralizada en los cascos urbanos configurándose barreras de acceso, el bajo o nulo acceso a agua potable y saneamiento básico, el subregistro de la población infantil, la alta dispersión en el territorio rural, la corrupción en el sistema público, y el abordaje del problema de desnutrición infantil sin tener en cuenta la interculturalidad, desconociendo frecuentemente los sistemas de creencias y de atención en salud propios de la cultura indígena Wayúu <sup>(1, 3)</sup>.

Para abordar este problema, se formula una hipótesis inicial de investigación: *Un sistema de información basado en tecnología móvil puede articular multidireccional e instantáneamente la vigilancia intersectorial de la salud nutricional infantil en el municipio de Manaure, y puede ser escalado en La Guajira colombiana.* Evaluando en campo las condiciones para su viabilidad, y en colaboración con la Secretaría de Salud del Municipio de Manaure, se propone el desarrollo de dicho sistema de información para el registro y seguimiento preventivo del estado nutricional de la población infantil indígena, que informe instantáneamente a todos los sectores involucrados en el cuidado del niño (Secretaría de Salud, Entidades Administradoras de Planes de Beneficios-EAPBs, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar - ICBF, instituciones educativas y padres de familia o cuidadores), activando la Ruta Integral para la Atención en Salud nutricional <sup>(4)</sup>. Este sistema a su vez permitirá realizar el seguimiento de la atención prestada, y acatará los lineamientos establecidos para el Modelo Integral de Atención en Salud – MIAS <sup>(5)</sup>, y las resoluciones 5406 de 2015 <sup>(6)</sup> y 2465 de 2016 <sup>(7)</sup>, del Ministerio de Salud y la Protección Social. La primera versión del sistema se desarrolla entre los años 2017 y 2018 a través de un trabajo de grado en ingeniería de sistemas <sup>(3)</sup>, dando como resultado una aplicación validada en campo con actores como la Secretaría de Salud, maestros y maestras, cuidadores y organizaciones encargadas del Programa de Alimentación Escolar (PAE).

Reconociendo las posibilidades y limitaciones de dicha tecnología, en el año 2019 se formula un proyecto de investigación que busca la evaluación de la madurez tecnológica de la solución, desde el marco los niveles de madurez tecnológica (TRL por sus siglas en inglés), propuesto por la NASA <sup>(8)</sup>. La pandemia mundial por SARS-Cov-2 afectó el cronograma inicialmente planeado para el proyecto, por lo cual se opta por adelantar el componente básico de la investigación, referente a la fundamentación teórica y metodológica, consultando con algunos expertos y mejorando la solución de ingeniería. Como primeros resultados se desarrolla entonces un modelo dinámico para el sistema de vigilancia, aplicando la dinámica de sistemas <sup>(9)</sup>, y se inicia la formulación de una metodología específica al proyecto para la evaluación y maduración de la tecnología, teniendo en cuenta además de las características técnicas del sistema, las particularidades del contexto en el que se pretende integrar.

La revisión de antecedentes para la construcción de la metodología arroja como primeros hallazgos importantes, el hecho de que el marco TRL no es suficiente para el propósito pretendido, por cuanto: 1) No está preparado para abordar los desafíos y obstáculos socioculturales que se han presentado para el desarrollo del proyecto, referentes a la aceptabilidad social y la viabilidad para la integración del sistema, tanto a las prácticas de la comunidad indígena como organización social, como a las prácticas para la atención de la salud de parte de las entidades responsables, 2) No considera los aspectos estructurales, relacionados con la disposición y organización de recursos humanos, técnicos y normativos para la implementación, 3) No considera los factores humanos, relacionados no solo con posibilidad de aceptación, sino con las capacidades y limitaciones de quienes participarían en su uso e implementación, y finalmente, 4) Considera a la tecnología como el conjunto de subsistemas tecnológicos integrados para cumplir una función particular, y no como el conjunto de personas, procesos, tecnologías y flujos de información que interactúan en un sistema complejo que se conforma para dar respuesta a una problemática particular. Es pues, desde esta perspectiva, que se concibe el sistema de vigilancia intersectorial para la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil basado en tecnología móvil, como solución de ingeniería.

En síntesis, comprendiendo que el sistema propuesto se debe considerar como una innovación social en salud<sup>(10)</sup>, y que debe ser formulado desde la perspectiva de investigación e innovación responsable (RRI por sus siglas en inglés)<sup>(11)</sup>; se hizo necesario replantear los fundamentos iniciales de la investigación para la evaluación y maduración tecnológica, dando paso a nuevas perspectivas teóricas y metodológicas que permitiesen valorar todas las dimensiones del fenómeno -y de la solución propuesta-, esto es, las dimensiones estructural, tecnológica, organizacional y humana. Se migra del concepto de *madurez tecnológica* al de *preparación sistémica*, proponiendo un marco de trabajo que hibrida o pone en diálogo las escalas de madurez tecnológica, preparación social<sup>(11, 12)</sup>, preparación humana<sup>(13)</sup>, preparación para la *e-salud*<sup>(14)</sup> a lo largo del ciclo de vida del Sistema de Vigilancia Intersectorial de la Salud Nutricional Infantil, para dar respuesta a los desafíos emergidos en el proceso investigativo, y así poder determinar desde una perspectiva multivariada y multicausal la posibilidad de su implementación. Esta metodología coadyuvará en comprender las interacciones claves entre tecnológico, lo humano, lo organizacional y lo estructural de la sociedad.

## Materiales y métodos

En este acápite se presenta el conjunto de acciones que se realizaron para construir el marco de trabajo. La [Tabla 1](#) sintetiza los momentos y actividades desarrollados:

**Tabla 1.** Metodología para la construcción del marco de trabajo.

Momentos	Actividad
Fundamentación	Revisión bibliográfica
	Hallazgos relevantes
	Reflexiones iniciales
	Diálogo metodológico
Síntesis de conceptos fundamentales es para el marco	Preparación sistémica multidimensional Metas de preparación o madurez del sistema en cada fase de investigación y desarrollo
Concreción del marco de trabajo	Definición de indicadores para la evaluación de la preparación sistémica

### Fundamentación

El propósito de este momento es determinar las bases conceptuales que soportarán el marco de trabajo a proponer, en respuesta a las necesidades/desafíos/dificultades emergidas en el proceso investigativo.

### Revisión bibliográfica

Se estableció un breve el estado del conocimiento sobre las metodologías, marcos conceptuales, casos de aplicación, desafíos y preguntas abiertas respecto de escalas de evaluación de la madurez o preparación tecnológica, en las bases de datos *IEEE Explore*, *PubMed* y *Sage Publishing* y las referencias en *Mendeley*. Los núcleos temáticos elegidos para la búsqueda fueron *evaluación de madurez*, *madurez tecnológica*, *e-salud* y *preparación*. Se construye y ejecuta la ecuación de búsqueda las bases de datos bibliográficas y referenciales indicadas, para el rango de tiempo entre 2016 y 2021, incluyendo algunos trabajos cuya publicación definitiva se consolidó en 2022. Los resultados se filtraron por aquellos trabajos que tuvieran alguna relación con el alcance del proyecto: *tecnologías para la salud*, *comunidades indígenas o rurales*, *abordajes sistémicos o multidimensionales* y *herramientas para la evaluación de madurez*.

En la [Figura 1](#) se presenta la síntesis de los resultados de la búsqueda.

Además de las bases de datos iniciales, se incluyeron diez artículos más que aportan a la solución de la pregunta orientadora de las bases de datos *ResearchGate*, *IRIS PAHO* y el repositorio de la *Universidad Pontificia Bolivariana*; obteniendo un total de 20 artículos relevantes para el propósito.

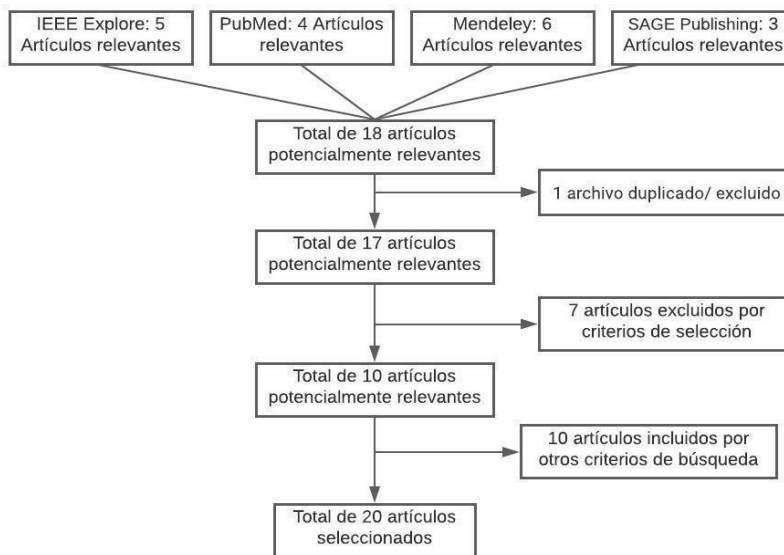


Figura 1. Selección de referentes.

### Hallazgos relevantes

Los hallazgos se clasificaron en cuatro categorías pertinentes al estudio: 1) Concepciones/definiciones de madurez y/o preparación de la tecnología. 2) Abordajes multidimensionales o sistémicos, 3) Factores de valoración adicionales a TRL, 4) Evaluación de madurez o preparación en sistemas de *e-salud*, y 5) Preguntas y/o líneas de investigación.

Respecto de las concepciones, el trabajo en <sup>(15)</sup> se refiere a *e-readiness* como la preparación de las organizaciones para el uso de internet y otras tecnologías, incrementando la capacidad de su operación, entendiéndose dichas organizaciones como la comunidad, el gobierno, los individuos y las empresas. Se refiere a *la preparación para la e-salud* como la preparación para la adopción de tecnologías de información en los servicios de atención en salud, identificando estudios en los cuales dicha definición se extiende e incluye los conceptos de *preparación básica, tecnológica-estructural, social y para el compromiso*.

En cuanto a los factores e indicadores que deben tenerse en cuenta para valorar la preparación en la adopción de *m-health* que no están incluidos en el marco TRL, se encuentran los factores humanos, sociales, organizacionales y estructurales. El trabajo de Khatun et. Al <sup>(16)</sup> refiere a factores humanos como la aceptabilidad de las tecnologías móviles por la población en general, la interacción usuario-tecnología, las necesidades específicas de la comunidad y de los usuarios finales para dicha adopción, las actitudes, la utilidad y facilidad de uso percibidas, la apropiación y sensibilidad socioculturales. En su revisión, los autores identifican siete categorías de preparación: *nuclear, tecnológica, compromiso, social, políticas, aprendizaje y motivacional*; y presentan un modelo conceptual refinado para valorar la influencia de la preparación para el



uso de tecnologías m-health en las comunidades en el contexto de Bangladesh, también aplicable a otros países en desarrollo, que incluye las dimensiones *preparación tecnológica, preparación motivacional y preparación de los recursos (humanos)*.

Yusif et. al <sup>(17)</sup> hacen una revisión de la literatura y añaden a las anteriores categorías el *factor estructural, las expectativas de esfuerzo y desempeño, el aprendizaje, las políticas, lo psicológico y comportamental, los aspectos demográficos, los recursos humanos, ambientales, funcionales de la tecnología, la disposición para la e-salud, los recursos financieros, el conocimiento estratégico, los procesos, los valores y las metas, la administración de la infraestructura y el soporte administrativo*.

Por su parte, Mauco et. al <sup>(18)</sup> indican otros factores de preparación como la *organizacional, técnica y de infraestructura, la del proveedor de la atención médica, la preparación básica, la gubernamental y la del paciente y/o el público*. Posteriormente proponen un marco para la evaluación de la preparación para e-salud, en dos grandes componentes: *Preparación de las partes interesadas para el compromiso y presencia de info e infraestructuras relevantes para la e-salud*. En este marco, el gobierno está en el núcleo del compromiso de las partes interesadas, y hay otras a ser comprometidas como el sector privado, los líderes comunitarios, socios internacionales y organizaciones no gubernamentales, humanitarias y eclesiales. Los autores mencionan los tipos de preparación a evaluar en la gobernanza: *social, organizacional, tecnológica y de infraestructura, de gobierno*, en los niveles institucional y nacional. Los que se deben evaluar en los grupos de interés: *preparación del proveedor del servicio de salud, preparación para el compromiso, preparación básica, preparación del público y/o pacientes*. Esta última también debe evaluarse en términos del acceso a la tecnología. Se resalta la necesidad de desarrollar una estrategia nacional para la e-salud integral e informada como prerrequisito para la preparación de la e-salud <sup>(19)</sup>.

Refiriendo a Khoja et. Al <sup>(20)</sup>, Scott et. al definen la preparación para la salud electrónica como “el grado en que los usuarios, las instituciones de salud (IHI) y el propio sistema de salud están preparados para participar y tener éxito en la implementación de la e-salud”. También la refieren como “la preparación de las comunidades y de las instituciones de salud para adaptarse a los cambios debido al uso de servicios tecnológicos para el intercambio de información” <sup>(21)</sup>. Los proveedores de servicios deben estar preparados y dispuestos para compartir información, mejorar la calidad y la prestación de la atención en salud. Según los autores, dicha preparación debe valorarse abordando las perspectivas de los profesionales de la salud, el personal de soporte tecnológico, los gerentes, patrocinadores, sin olvidar los pacientes. Concluyen que el éxito de cualquier implementación de e-salud dependerá fuertemente del nivel de preparación del proveedor.

Büscher y Spurling por su parte definen la preparación social como la preparación de un ensamblaje socio técnico para ser aceptable a la sociedad. Es decir, evalúa qué tan bien una

solución apoya la apropiación o adaptación social a escala y velocidad, así también cómo esta contribuye al bien público. Determina el nivel de conocimiento sobre los intereses y las preocupaciones de los interesados, y hasta qué medida el producto o servicio impacta la sociedad <sup>(22)</sup>. Este trabajo también presenta una escala de nueve niveles de preparación social. Sobre esta misma línea, Bernstein et. al <sup>(23)</sup> proponen una herramienta de pensamiento como recurso para valorar y madurar la preparación social de los proyectos de investigación.

Salazar y Vigoya proponen una escala para la evaluación de la preparación humana (HRL), a partir de los nueve niveles definidos para la escala TRL. “Se refieren a la preparación humana como herramienta para identificar el nivel de preparación o madurez de una tecnología respecto de su usabilidad y refinamiento para ser usada por humanos” <sup>(24)</sup>. See en su trabajo <sup>(13)</sup> explica los nueve niveles de forma más detallada. Explica que la escala HRL ayuda a que la tecnología sea más centrada en el humano, mejorando su desempeño, seguridad y satisfacción.

### Reflexiones iniciales

Este acápite presenta las reflexiones que suscitaron la propuesta el marco de *preparación sistémica*. En primer lugar, desde las experiencias fallidas en la concreción de organizaciones para el desarrollo del proyecto se realiza una reflexión alrededor de las interesantes preguntas formuladas en <sup>(22)</sup>, alrededor de la cuestión central: *¿Qué tan listo está el sistema de vigilancia propuesto para la sociedad?* (entendiéndose esta como el ecosistema de individuos, y organizaciones relacionadas con el problema). 1) *¿Es esta innovación buena para la sociedad? ¿Cómo lo sabemos? ¿Cuáles son las dimensiones sistémicas y contextuales de esta innovación?* 2) *¿Se han considerado todas las perspectivas relevantes? ¿Quién se ha involucrado en el proceso de diseño y cómo lo ha hecho? ¿Han dicho algo todos los afectados? ¿Han sido escuchados? ¿Ha sido posible que los menos poderosos hayan sido escuchados en iguales condiciones?* 3) *¿Han tenido las personas la oportunidad de ensayar la innovación en su día a día? ¿Se han dado múltiples iteraciones de su diseño para descubrir consecuencias disruptivas?* 4) *¿Se han abordado los aspectos éticos, desde de la accesibilidad a la justicia de la movilidad a la datificación? ¿De la escala individual a la sociedad? ¿para las generaciones actuales y futuras?* Las respuestas a estas preguntas, junto con los principios nutren las decisiones tomadas en la estructuración del marco de trabajo.

### Diálogo metodológico

Para proponer un nuevo marco, es necesario valorar los aportes de cada escala o marco consultados, desde la perspectiva del caso estudiado y la hipótesis de planteada, que es la implementación de un sistema de información para la vigilancia de la salud nutricional infantil indígena, con enfoque intersectorial. La escala de niveles de madurez tecnológica contribuye en comprender el desarrollo del sistema como un proceso que debe alcanzar unos hitos de madurez en tres grandes etapas: La formulación de la hipótesis y el concepto de solución; la demostración de un prototipo del sistema en ambientes de operación (EPS/IPS, organizaciones comunitarias, fundaciones, entidades educativas, etc.); y finalmente, su integración efectiva



como práctica en el sistema de salud actual. Adicionalmente, brinda variables e indicadores específicos sobre la madurez no solo del componente tecnológico del sistema, sino también la madurez del proyecto de ingeniería para su construcción. Específicamente, ofrece indicadores para valorar el conocimiento que se produce en cada etapa, la gestión de recursos y riesgos, y la interacción con terceros interesados.

Los conceptos de investigación e innovación responsable, y la escala de niveles de preparación social <sup>(23)</sup> cuestionan al proyecto si se está indagando ética y responsablemente acerca de la deseabilidad, aceptabilidad y sostenibilidad del sistema propuesto, identificando y respondiendo a las necesidades auténticas en la sociedad Guajira relacionadas con la salud nutricional. Al respecto se reconoce que, si bien la hipótesis formulada fue construida en compañía con el sector gubernamental, las situaciones sociopolíticas sucedidas y los impactos la pandemia mundial en el sistema de salud desdibujaron la aceptación y deseabilidad iniciales, por lo tanto, debe indagarse nuevamente sobre las mismas, con un abordaje sistémico, ética y socioculturalmente responsable. A su turno, la escala SRL permite identificar los hitos que deben buscarse para avanzar en cada nivel buscando la meta de integrar el sistema propuesto a las prácticas actuales para el cuidado de la salud nutricional infantil, impactando su calidad de vida.

Se incluye la dimensión humana para la evaluación de la madurez del sistema, tomando el concepto de preparación humana inmerso en la escala HRL <sup>(13)</sup>, y teniendo en cuenta que, finalmente la preparación en esta dimensión es crítica para el funcionamiento general del sistema. La meta en línea de preparación es incluir en el proceso de desarrollo los factores humanos que intervienen y/o afectan la idoneidad y usabilidad de la tecnología. Finalmente, se integran varios de los conceptos e indicadores de *preparación básica, tecnológica - estructural, para el compromiso y motivación, y social* referidos en <sup>(13 – 15)</sup>, como tipos de preparación que deben aplicarse en diferentes momentos del proceso de investigación y desarrollo.

Se resalta que en el diálogo metodológico se analizó la interacción entre los hitos propuestos en los niveles de cada escala por separado, identificando cuáles se volvían críticos en el avance de las demás escalas, y, por lo tanto, en el avance de todo el proyecto.

## Síntesis de conceptos fundamentales para el marco

### Preparación sistémica multidimensional

Para proponer un marco de trabajo que permita la evaluación y maduración del sistema de vigilancia intersectorial, es necesario entender dicha solución como un sistema de información multidimensional compuesto por diferentes elementos. Para el caso que se estudia, en la *dimensión tecnológica* se cuenta con una aplicación web progresiva PWA <sup>(25)</sup> diseñada para hacer seguimiento al estado nutricional de los niños, con base en el parámetro de peso para la talla, generando las curvas de seguimiento según los indicadores antropométricos y patrones

de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS), adoptados por el gobierno nacional en 2016 <sup>(7)</sup>. La aplicación genera un reporte tipo semáforo que se actualiza con cada registro de estado nutricional, que se informa a los demás usuarios interesados y responsables del cuidado nutricional del niño, generando alertas en los casos aplicables. Los datos se estructuran con la información necesaria para el seguimiento nutricional, como registros antropométricos, clasificación de estado nutricional, alertas, y acciones adelantadas en el sistema.

En la *dimensión organizacional* se hallan los procesos requeridos en el sistema como protocolos y procedimientos para el registro, seguimiento y atención de la salud nutricional infantil, definiendo roles, responsabilidades y tareas que realiza cada actor en el sistema, además de las características socioculturales de las organizaciones comunitarias, privadas o estatales involucradas. En la *dimensión humana* se encuentran el conjunto de individuos dentro y fuera del sistema de salud, que tienen la responsabilidad y/o el interés de vigilar el estado nutricional de los niños; a saber, el personal de las Entidades Administradoras de Planes de Beneficios en Salud, de las Secretarías de Salud, de las entidades educativas, de los Centros de Desarrollo Infantil, Fundaciones, Asociaciones indígenas, ONG's y, por último, los padres y/o cuidadores.

Finalmente, en la *dimensión estructural* se tienen las infraestructuras físicas y tecnológicas requeridas para el funcionamiento del sistema de vigilancia, el sistema general de atención a la salud indígena, la sociedad vinculada y/o afectada por el problema, y las políticas y lineamientos normativos.

### **Metas de preparación o madurez del sistema en cada fase de investigación y desarrollo**

Teniendo en cuenta que el sistema de vigilancia no se limita a la implementación de una tecnología, sino a la posibilidad de ajustar el sistema actual de atención a la salud nutricional infantil Wayúu, su proceso de construcción se desarrolla en tres fases, que involucran algunas de las metas propuestas por los niveles de madurez tecnológica. En la primera fase, de investigación básica, a partir de indagar e identificar los principios básicos del sistema en todas sus dimensiones, se procede a la formulación conceptual del mismo incluyendo el primer prototipo de la tecnología, sujetándolo a procesos de validación de alcance conceptual. La meta de preparación esperada para esta fase sería la *formulación de la hipótesis* como solución al problema identificado. En la segunda fase se espera llegar a *demostrar* que todos los componentes del sistema cumplen su propósito, mediante la validación académica (simulada y/o en laboratorio), y en entorno relevante (con actores representativos del sistema); obteniendo la realimentación necesaria para realizar ajustes aumentando su impacto potencial. Finalmente, en la fase de *producción y despliegue* se espera la que el sistema propuesto tenga una versión integrada a los sistemas sociales y de salud actuales de al menos un municipio guajiro, con posibilidades de escalamiento al territorio departamental. Es importante anotar que el marco de trabajo que se propone en este artículo sólo abordará las fases *investigación básica y validación y demostración* del proceso general para la construcción del sistema. En la Tabla 2 se presentan los niveles de preparación esperados para el marco integrado propuesto:

**Tabla 2.** Niveles de preparación esperados.

<b>Fase de investigación y desarrollo</b>	<b>Nivel</b>	<b>Meta de preparación en todas las dimensiones del sistema (tecnológica, humana-individual, organizacional y estructural)</b>
Investigación básica	<b>Nivel 1:</b> Problemática y contexto reconocidos	Se analiza el problema de investigación con perspectiva multicausal, a partir de la comprensión del sistema actual, del contexto estructural y sociocultural en el que se desarrolla, de los aspectos éticos y los impactos.
	<b>Nivel 2:</b> Diseño conceptual del sistema y alternativas de solución	Se formula la(s) hipótesis y los primeros prototipos del sistema de información con todos sus componentes, y se definen las estrategias para dar respuesta a las problemáticas y demandas de desarrollo identificadas en todas las dimensiones del sistema, con perspectiva de investigación e innovación responsables.
	<b>Nivel 3:</b> Evaluación conceptual de la solución y alternativas de solución	Se evalúa conceptualmente el desempeño de la solución general y del prototipo tecnológico, las estrategias de solución con expertos y/o actores representativos, en todas las dimensiones del sistema.
Validación y demostración	<b>Nivel 4:</b> Validación académica de los componentes e impactos	Se prueba académicamente la solución general y el prototipo tecnológico en entornos simulado y de laboratorio. Así mismo, se evalúan ética y socioculturalmente los alcances e impactos de la solución, desde la dimensión humana hasta la dimensión estructural. Se dan respuestas iniciales a la(s) hipótesis formulada(s).
	<b>Nivel 5:</b> Validación del sistema integrado en entorno pertinente	Se evalúa la solución general con todos sus componentes integrados en entorno pertinente, esto es con participación de actores representativos en cada una de las dimensiones del sistema, en contextos similares a los reales de uso.
	<b>Nivel 6:</b> Demostración en contexto de uso	Se demuestra la solución en funcionamiento en el contexto de uso en pequeña escala, y en co-operación con los grupos de interés, ganando realimentación sobre el impacto potencial.

### **Concreción del marco de trabajo. Definición de indicadores para la evaluación de la preparación sistémica**

Teniendo en cuenta las metas planteadas para cada nivel de preparación y fase de investigación y desarrollo, se determinan los indicadores para cada una de las cuatro dimensiones del sistema (tecnológica, humana, organizacional y estructural), en correspondencia con las metas de preparación que se definieron para cada nivel de preparación sistémica, definidas en el momento 2. En el título de resultados se presenta la matriz, indicando los tipos e indicadores de preparación que deben evaluarse -y alcanzarse-, en el marco de trabajo que se propone.

## Consideraciones éticas

El proyecto de investigación al que pertenece el presente trabajo fue avalado por el Comité Institucional de Ética en la Investigación de la Universidad El Bosque, el día 11 de marzo de 2020, a través de comunicación 032-2020-I. Las autoras declaran no tener o haber tenido ningún conflicto de interés que afecte la publicación del presente trabajo.

## Resultados

El marco de trabajo se concreta en la definición de una escala que establece los indicadores que se deben evaluar para determinar la preparación sistémica de una solución para la *e-salud*, para cada dimensión del sistema, teniendo en cuenta las fases de investigación, y los niveles de preparación sistémica. La [Tabla 3](#) presenta la escala resultante. Se destaca que los indicadores en la dimensión tecnológica refieren a los incluidos en la escala TRL, mientras los indicadores definidos respecto de la preparación básica, preparación para el compromiso, preparación social y tecnológica-estructural; son los aplicables para las demás dimensiones del sistema, y no se especifican en la matriz por cuestiones de espacio.

**Tabla 3.** Escala multidimensional.

Fase	Nivel	Dimensiones del sistema			
		Tecnológica	Humana	Organizacional	Estructural
Investigación básica	1	Fundamentación teórica-conceptual	Creencias, necesidades y percepciones respecto del problema	Reconocimiento de los actores, procesos y flujos de información actuales	Reconocimiento del contexto socioeconómico y cultural del sistema actual de atención
		Aspectos legales y normativos	Características sociodemográficas	Análisis multicausal del problema en el contexto comunitario y organizacional	Identificación y análisis multicausal del problema de salud pública
		Estado de la cuestión	Riesgos para los individuos	Riesgos para las organizaciones	Análisis ético y sociocultural
	2	- Definición de la arquitectura del sistema - Documentos de diseño tecnológico	Estrategia de solución para las necesidades de los individuos (pacientes/actores)	Diseño de protocolos y métricas de atención, y desempeño	Identificación de interesados
		- Definición de métricas de desempeño y requisitos de escalabilidad	Identificación de capacidades y características humanas a desarrollar/satisfacer	Diseño de procesos y soporte administrativo	Definición de ajustes al sistema de salud
		- Identificación de pautas de diseño		Definición de recursos humanos y financieros necesarios	Definición de recursos y planes de inversión
				Definir impactos al problema de salud pública	

	centrado en lo humano - Creación de modelos de simulación	Conceptos, aplicaciones y lineamientos centrados en lo humano  Definición de escenarios de uso	Definir impactos y riesgos potenciales  Estrategias de mitigación del riesgo	Requisitos en infraestructuras (física y tecnológica)  Estrategias para resolver aspectos éticos y socioculturales  Definición de políticas y normas	
3	Validación del concepto funcional  Ejecución simulaciones desempeño	Definición de requisitos centrados en lo humano y la interacción humano-tecnología	Validación del concepto, actores, recursos, de los procesos y procedimientos en contexto  Validación de la mitigación del riesgo	Validación de ajustes propuestos al sistema de salud  Validación de estrategias para resolver aspectos éticos y socioculturales	
4	Validación funcional y arquitectónica del prototipo en laboratorio  Evaluación de desempeño y predicciones de escalabilidad	Pruebas de tareas parciales con los usuarios simulados completadas	Validación económica  Validación de la solución a través de pruebas piloto en entorno simulado  Simulación de riesgo	Simulaciones de desempeño e impacto  Simulaciones en la infraestructura disponible  Evaluación ética y sociocultural de alcances	
Demostración y validación	5	Componentes de la tecnología integrados en configuración similar a su aplicación final  Operatividad en escala de laboratorio	Evaluación centrada en el humano del prototipo completada en entorno pertinente  Pruebas de usabilidad, aceptación y adaptabilidad	Evaluación centrada en el humano del prototipo completada en entorno pertinente  Pruebas de usabilidad, aceptación y adaptabilidad	La solución es validada por los actores relevantes en el sistema (ajustes al sistema, recursos y planes, infraestructura, políticas y normas, estrategias éticas y socioculturales)
	6	Sistema validado en ambiente en condiciones relevantes a las reales operativas  Prototipo piloto con diseño detallado y con condiciones de	Interacción tecnología-humano ajustada  Diseño de aspectos humanos desarrollado y demostrado en un entorno simulado de alta fidelidad	Componentes organizacionales del sistema ajustados  Solución demostrada en un ambiente relevante para ganar realimentación inicial sobre el impacto potencial	La solución está demostrada en un ambiente relevante y en la co-operación con stakeholders relevantes para ganar realimentación inicial sobre el impacto potencial

	escalamiento que le permitirán a la tecnología operar en entorno real	relevante o en un entorno real
<b>Categorías de preparación</b>	<b>Madurez tecnológica</b>	<b>Preparación para el compromiso y la motivación - Preparación social - Preparación básica - Preparación tecnológica-estructural</b>

## Discusión

Con base en el alcance pretendido para el sistema de vigilancia intersectorial de la nutrición infantil indígena como solución de *e-salud*, y los desafíos presentados en el proceso de investigación y desarrollo, el marco de trabajo propuesto permite abordar tanto el problema como la solución formulada desde una perspectiva multicausal y multidimensional, necesaria para entender la problemática de salud como un fenómeno complejo, integrando las perspectivas de todos los actores involucrados, desde diferentes puntos de vista disciplinares como la ingeniería, la salud pública, y el análisis social y cultural. Analizar la preparación de esta manera permitirá identificar elementos de juicio de todos los actores y en todas las dimensiones, sobre lo que debe ajustarse en el sistema de salud para lograr implementar de manera exitosa un sistema de vigilancia como el formulado, con las características de intersectorialidad, prevención y vigilancia que demandan las políticas y lineamientos emitidos en el último decenio. En complemento a lo anterior, el marco de trabajo propuesto invita a considerar cualquier solución de *e-salud* desde la perspectiva sistémica, en la cual participan diferentes elementos en diferentes dimensiones, a los cuales se les debe dar el mismo o mayor grado de importancia que a lo meramente tecnológico, y son sobre todo variables no controladas. Así mismo, el concepto de preparación o madurez no se entiende como requisito a cumplir sólo para la solución general como resultado, sino también para el proceso requerido para su construcción, en el cual también debe analizarse la evolución en el conocimiento adquirido en el proceso de investigación y desarrollo.

Integrar los valores y principios de la investigación e innovación responsables se convierte en un factor crítico en el desarrollo de soluciones *e-salud*, en contextos similares al referido, en el cual no son siempre visibles todos los factores que impactarán la consecución de la solución. De la misma forma, es clave iniciar y avanzar el proceso de investigación con las preguntas sobre la deseabilidad, aceptabilidad y sostenibilidad del sistema, manteniéndolas y evaluándolas como norte permanente, sin olvidar los aspectos éticos tanto de la solución, como del proceso investigativo.

De los aportes del marco de trabajo propuesto se derivan las siguientes preguntas y acciones de investigación para el caso que se estudia. Es necesario definir las estrategias de investigación y evaluación para cada nivel de preparación definido, acudiendo a las técnicas de investigación social, primordialmente para la fase de investigación básica. Las técnicas de investigación acción



y su hibridación con metodologías ágiles de ingeniería permitirán reconocer y evaluar los niveles de preparación alcanzados de manera adecuada.

Definida la metodología para la evaluación de la preparación del sistema propuesto, el paso a seguir para el caso estudiado es concretar los requisitos de preparación en los niveles 1 al 3, integrando las dimensiones humana, social y estructural; ya que estas no fueron inicialmente incluidas en el proceso de investigación y desarrollo. Posteriormente la investigación debe avanzar en las acciones de experimentación y validación iterativas, para lograr completar la fase de demostración. Superados estos dos procesos investigativos se tendrán los elementos de juicio necesarios para decidir si se avanza en la integración de la solución al sistema de salud actual.

## Referencias

1. Rosenthal H, Sandler LH, Cotrino N, Pappier J, Taraciuk T, Doocy S, et al. Colombia: Niños indígenas en riesgo de desnutrición y muerte [Internet]. Human Rights Watch News. 2020. Disponible en: <https://www.hrw.org/es/news/2020/08/13/colombia-ninos-indigenas-en-riesgo-de-desnutricion-y-muerte>
2. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Perfil de Salud de la Población Indígena, y medición de desigualdades en salud. Colombia 2016. Minsalud [Internet]. 2016;135. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/Perfil-salud-pueblos-indigenas-colombia-2016.pdf>
3. Acosta N, Pinto A, Salazar C. TEPICHI ANASHI APLICACIÓN MÓVIL PARA EL SEGUIMIENTO DEL ESTADO NUTRICIONAL EN NIÑOS WAYÚU. Universidad El Bosque; 2018.
4. Ministerio de de Salud y Protección Social. Rutas integrales de atención en salud -RIAS. Repos Inst Digit Minsalud [Internet]. 2017;24. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/05-rias-presentacion.pdf>
5. Ministerio de de Salud y Protección Social. Matriz RIAS Desnutrición aguda menores. 2015.
6. Social M de S y P. Resolución 5406 de 2015 [Internet]. 2015. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Normatividad Nuevo/Forms/DispForm.aspx?ID=4911>

7. Ministerio de Salud de Colombia. Resolución Número 2465 de 2016 [Internet]. Colombia, Ministry of health and social protection Colombia: Ministerio de Salud y Protección Social; 2016 p. 47. Disponible en: [https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/resolucion no. 2465 del 14 de junio de 2016.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/resolucion%20no.%202465%20del%2014%20de%20junio%20de%202016.pdf)
8. European Cooperation for Space Standardization - ECSS. Technology readiness level (TRL) guidelines. 2017;(March):62.
9. Vera J, Mateus E. Modelamiento dinámico para el sistema de vigilancia comunitaria orientado a la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil. [Colombia]: Universidad El Bosque; 2020.
10. Bernal ME, Robertson D. Innovación social en salud Un aporte al avance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio [Internet]. 2014. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40923/S1600925 es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40923/S1600925_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
11. Nielsen MW, Mejlgaard N, Alnor E, Griessler E, Meijer I. Ensuring Societal Readiness: a Thinking Tool. 2018;1–24. Disponible en: [http://thinkingtool.eu/Deliverable 6.1 Final April 30 THINKING TOOL.pdf](http://thinkingtool.eu/Deliverable_6.1_Final_April_30_THINKING_TOOL.pdf)
12. Denmark IF. Societal Readiness Levels(SRL) defined according to Innovation Fund Denmark.
13. See JE. Human Readiness Levels Explained. Ergon Des. 2021;29(4):5–10.
14. Khoja S, Scott RE, Casebeer AL, Mohsin M, Ishaq AFM, Gilani S. e-Health readiness assessment tools for healthcare institutions in developing countries. Telemed e-Health. 2007;13(4):425–31.
15. Pujani V, Hardisman, Nazir R. Electronic health readiness (EHR) in Indonesia: Managerial perspectives. En: ICIBE 2019. Hong Kong: Association for Computing Machinery; 2019. p. 316–20.
16. Khatun F, Heywood AE, Ray PK, Hanifi SMA, Bhuiya A, Liaw ST. Determinants of readiness to adopt mHealth in a rural community of Bangladesh. Int J Med Inform [Internet]. 2015;84(10):847–56. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.06.008>
17. Yusif S, Hafeez-Baig A, Soar J. e-Health readiness assessment factors and measuring tools: A systematic review. Int J Med Inform. el 1 de noviembre de 2017;107:56–64.

18. Mauco KL, Scott RE, Mars M. Critical analysis of e-health readiness assessment frameworks: suitability for application in developing countries. *J Telemed Telecare*. febrero de 2018;24(2):110–7.
19. Mauco KL, Scott RE, Mars M. Validation of an e-health readiness assessment framework for developing countries. *BMC Health Serv Res*. 2020;20(1):1–10.
20. Khoja S, Scott R, Gilani S. e-Health readiness assessment: Promoting “hope” in the health-care institutions of Pakistan. *World Hosp Health Serv*. 2008;44(1):36–41.
21. Kiberu VM, Scott RE, Mars M. Assessment of health provider readiness for telemedicine services in Uganda. *Heal Inf Manag J*. 2019;48(1):33–41.
22. McCulloch S. Social Acceptance and Societal Readiness Levels - Decarbon8 [Internet]. 2019 [citado el 30 de septiembre de 2021]. p. 1. Disponible en: <https://decarbon8.org.uk/social-acceptance-and-societal-readiness-levels/>
23. Bernstein MJ, Nielsen MW, Alnor E, Brasil A, Birkving AL, Chan TT, et al. The Societal Readiness Thinking Tool: A Practical Resource for Maturing the Societal Readiness of Research Projects. *Sci Eng Ethics*. el 1 de febrero de 2022;28(1).
24. Salazar G, Russi-Vigoya MN. Technology Readiness Level as the Foundation of Human Readiness Level. *Ergon Des*. 2021;29(4):25–9.
25. YeePLY. Progressive Web Apps: ¿qué son y cómo funcionan? [Internet]. [citado el 22 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.yeePLY.com/blog/progressive-web-apps/>