



**Transform
Health**
MEXICO

Guía de Transformación Digital e Interoperabilidad en Salud En México



Transformación digital – El proceso integral mediante el cual una organización adopta tecnologías digitales para rediseñar sus modelos de negocio, optimizar sus procesos, mejorar la experiencia de usuarios y fortalecer su capacidad de adaptarse a un entorno en constante cambio.



Interoperabilidad – La capacidad de diferentes aplicaciones, sistemas, organizaciones y dispositivos para intercambiar información de manera efectiva, segura y sin fricciones, sin necesidad de intervención adicional o pérdida de significado.

Agradecimientos

Esta guía es el resultado de un esfuerzo colectivo que refleja la convicción de que la transformación digital y la interoperabilidad en salud no son solo desafíos técnicos, sino compromisos humanos, éticos y sociales. A cada persona que contribuyó con su conocimiento, experiencia y visión, mi más sincero agradecimiento.

Quisiera expresar una mención especial a Gustavo Ross, Diana Moya, Narly Camacho, Alejandro Arreola (Transform Health México), Omar Nevárez (EDÉN), Joseline Carías Galeano (RECAINSA), David Escudero (INER), Adriana Vallejo (HealthIDS), Alejandro Alayola Sansores (Salud Digital Facultad de Medicina UNAM), Monserrat Godínez García (Presidente del Colegio de Ingenieros Biomédicos de México A.C.), Dan Clemente (Médico y Emprendedor), Luis Adrián Quiroz (Derechohabientes Viviendo con VIH/SIDA, IMSS), Jennifer Hincapié (Directora del programa universitario de bioética UNAM), Patricio Santillán (Titular CONBIOETICA), Mauricio Hernández (IMSS), Alejandra Fernández (ISSSTE), Cristina González (Directora General de Certificación en el CSG).

La visión, claridad de propósito, liderazgo y compromiso con un sistema de salud más equitativo e interconectado de cada uno de ustedes fué fundamental para dar forma e inspirar cada palabra de esta guía.

Gracias por creer en esta visión compartida.

— David Soto

Índice

Agradecimientos	3
Índice	4
I. Contexto y Visión	8
Introducción	8
Panorama del Sistema de Salud	9
Principales Retos	9
Contexto Regulatorio	9
Visión y Objetivos	10
Principios rectores (equidad, seguridad, interoperabilidad, escalabilidad)	10
II. Gobernanza y Estrategia	11
Modelo de Gobernanza	11
Mapa de Actores (Público, Privado, Academia, ONGs, Ciudadanía)	11
Sector Público Federal	11
Entidades Federativas	11
Instituciones de Salud	12
Academia	12
Sociedad Civil y Ciudadanía	12
Roles y Responsabilidades Institucionales	12
Consejo Nacional de Salud Digital	12
Instituciones Clave y sus Funciones	13
III. Marcos Legales y Éticos: Gobernanza de Datos, Consentimiento, Privacidad	14
Gobernanza de Datos	14
Principios de Gobernanza	14
Consentimiento Informado	14
Mecanismos Reforzados para Consentimiento de Alto Riesgo	15
Consentimiento Colectivo e Investigación	15
Privacidad y Derechos del Paciente	15
Figura del Defensor del Paciente Digital:	15
Política y Marco Estratégico	16
Fase I: Fundamentos y Pilotos	16
Fase II: Escalamiento Nacional y Casos de Valor	17
Fase III: Consolidación, Analítica y Madurez	18
Modelos de Financiamiento y Sostenibilidad	19
Principios de Gobernanza de Datos	20
Ciclo de Vida de los Datos de Salud	20
Principios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable)	21
Calidad de Datos, Custodia y Rendición de Cuentas	22
VI. Arquitectura e Interoperabilidad	23
Diagrama de Arquitectura Lógica: Capas de Referencia	23

Capa de Usuarios:	23
Capa de Aplicaciones:	24
Capa de Datos e Interoperabilidad (Núcleo Arquitectónico)	24
Capa de Infraestructura	25
Modelo Nacional de Intercambio de Información de Salud (HIE)	26
Arquitectura CURP-Céntrica: El Pilar de la Identidad Digital en Salud	26
Componentes Centrales del HIE Mexicano	26
1. Registro Maestro Nacional de Pacientes (RMNP)	26
2. Plataforma Nacional de Interoperabilidad (PNI)	27
3. Portal de Salud	28
Marco de Interoperabilidad: Cuatro Niveles	30
Nivel 1: Interoperabilidad Técnica	30
Nivel 2: Interoperabilidad Semántica	31
Nivel 3: Interoperabilidad Organizacional	32
Nivel 4: Interoperabilidad Legal	33
Estándares de Referencia Nacionales e Internacionales	34
HL7 FHIR R4	34
HL7 v2.x	34
CDA R2	34
SNOMED CT (Terminology Standard)	34
LOINC (Laboratory and Clinical Observations)	35
ICD-11 (Clasificación Internacional de Enfermedades)	35
DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)	35
Estrategia de Identificadores Únicos	36
Representación en FHIR:	36
Identidad Digital e Identificación Única de la Persona	36
1. CURP Biométrica	36
2. Llave MX (Portal de Identidad Digital Federal)	37
Flujo de Autenticación:	37
Registro Maestro Nacional de Pacientes (RMNP) y Coincidencia de Pacientes	38
Gestión de Identificadores Temporales	38
Seguridad y Autenticación (OAuth 2.0, OpenID Connect, TLS)	39
Nivel 1: Encriptación en Tránsito (TLS 1.3+)	39
Nivel 2: Autenticación y Autorización (OAuth 2.0 / OpenID Connect)	39
Nivel 3: Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) y Consentimiento	40
Nivel 4: Auditoría y Detección de Anomalías	41
V. Implementación y Adopción	42
Hoja de Ruta de Implementación por Fases	42
Fase I: Fundamentos y Pilotos	42
Objetivo y Justificación	42
Hitos y Entregables Clave	42

Hito 1.1 : Lanzamiento MVP PNI	42
Hito 1.2 : FHIR-MX v0.9 Beta	43
Hito 1.3: Portal de Salud Beta	44
Hito 1.4: Marco Jurídico Actualizado	44
Hito 1.5 : Pilotos en 5 Instituciones Clave	44
Hito 1.6: Certificación de Sistemas ECE	45
Hito 1.7: Evaluación y Ajustes	45
Fase II: Escalamiento Nacional y Casos de Valor (2027 – 2029)	45
Hitos y Entregables Clave	45
Hito 2.1: Expansión a Entidades Federativas	45
Hito 2.2: Receta Electrónica Nacional Fase 1	46
Hito 2.3 : Telemedicina Integrada	46
Hito 2.4: Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) Sectorial	47
Hito 2.6: Expansión de Laboratorios e Imagenología	47
Fase III: Consolidación, Analítica y Madurez (2030 – 2033)	48
Hitos y Entregables Clave	48
Hito 3.1: Cobertura Plena y Adhesión Privada	48
Hito 3.2: Lago de Datos Federado	48
Hito 3.3: Receta Electrónica Fase 2 (Medicamentos Controlados)	49
Hito 3.4: Madurez en Ciberseguridad (NIST CSF 2.0 Tier 3)	49
Hito 3.5: Innovación y IA/ML Integrada	49
Desarrollo de Capacidades y Fuerza Laboral	50
Alfabetización Digital para Personal Clínico: Programa Nacional de Alfabetización Digital en Salud (PNADIS)	50
Nivel 1: Alfabetización Básica (40 horas)	50
Nivel 2: Alfabetización Intermedia (80 horas)	51
Nivel 3: Alfabetización Avanzada (120 horas)	51
Monitoreo, Evaluación y KPIs	52
Marco Conceptual: Lógica de Cambio	52
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	52
Indicadores de Cobertura (Infraestructura)	52
Indicadores de Proceso (Adopción Clínica)	53
Indicadores de Resultado (Impacto Clínico)	54
Indicadores de Impacto (Salud Poblacional)	55
Indicadores de Seguridad y Privacidad	55
Modelo de Madurez Digital en Salud	56
Dimensiones de Madurez	56
VI. Estudios de Caso y Aplicaciones	58
Estudios de Caso Nacionales e Internacionales	58
Estonia:	58
Lecciones Clave para México	59

Dinamarca: Interoperabilidad en Sistema Descentralizado (MedCom)	60
Lecciones para México	61
Reino Unido: Lecciones del Fracaso (NPfIT) y Éxito Posterior (NHS Digital)	62
Lecciones Críticas para México	63
Brasil: Transformación Digital a Gran Escala en Contexto Latinoamericano (RNDS)	64
Contexto	64
Lecciones para México	65
Conclusión	67
Referencias	68

I. Contexto y Visión

Introducción

La transformación digital e interoperabilidad de los sistemas de salud ofrecen una oportunidad crucial para acelerar el progreso hacia la cobertura universal de la salud, al ampliar la cobertura poblacional, especialmente a las comunidades desatendidas y marginadas, mejorar la cobertura de los servicios y reducir el costo de la atención. Cuando se desarrolla e implementa de manera ética y equitativa, la salud digital puede mejorar la prestación, la calidad y la eficiencia de la atención. Puede permitir una integración más eficaz de los sistemas, incluyendo la continuidad de la atención en todos los niveles, impulsar la toma de decisiones basada en la evidencia, reducir las redundancias y errores, facilitar una mejor coordinación y optimizar la gestión.

Esta guía presenta una ruta estratégica y un marco de acción para la transformación digital e interoperabilidad en salud en México. Su propósito es establecer las bases para un ecosistema de salud conectado y seguro, superando la fragmentación histórica que ha limitado la calidad, eficiencia, equidad y accesibilidad de la atención.

El alcance de esta guía es nacional y abarca a todos los actores del Sistema Nacional de Salud, incluyendo instituciones públicas federales y estatales, así como al sector privado. Propone un modelo de interoperabilidad que permita el intercambio fluido y seguro de información para garantizar la continuidad del cuidado, independientemente de dónde o por quién sea atendida una persona.

Este documento está dirigido a una audiencia amplia de partes interesadas cuya colaboración es indispensable para el éxito de la transformación digital. Esto incluye:

- Tomadores de decisiones y legisladores en los niveles federal, estatal y municipal.
- Directivos y personal administrativo de instituciones de salud públicas (IMSS, ISSSTE, IMSS-Bienestar, PEMEX, SEDENA, SEMAR, Secretaría de Salud) y privadas.
- Profesionales de la salud (médicos, personal de enfermería, farmacéuticos, laboratoristas, ingenieros, personal administrativo) que interactúan directamente con los pacientes y los sistemas de información.
- Desarrolladores de tecnología, academia y sociedad civil involucrados en la creación, implementación y supervisión de soluciones de salud digital.
- Organizaciones sin fines de lucro, organizaciones de pacientes y la ciudadanía en general, como beneficiarios finales y propietarios de su información de salud.

Panorama del Sistema de Salud

En 2025, el sistema de salud mexicano muestra avances dispersos en digitalización (IMSS, IMSS-BIENESTAR, ISSSTE, PEMEX y SEDENA con implementación ECE >100%) pero solo 36.3% de las unidades médicas han adoptado el expediente clínico electrónico; en primer nivel, la cobertura es de apenas 34.3%. El predominio de sistemas heterogéneos y desarrollos aislados ha dado lugar a una proliferación de silos de datos clínicos, falta de continuidad asistencial, y limitada explotación de la información poblacional para gestión y prevención.

Principales Retos

- Silos de información y baja interoperabilidad entre sistemas institucionales y sector privado.
- Persistencia de procesos en papel en consultas, farmacias, laboratorios y archivo clínico.
- Ausencia histórica de identificador único y estandarización nacional de datos de pacientes, proveedores y organizaciones, aunque en 2025 la CURP y la biometría empiezan a consolidarse como mecanismos transversales.
- Brechas en conectividad, infraestructura digital y capacidades técnicas, agudizadas en zonas rurales, marginadas y pequeñas clínicas privadas.
- Preocupaciones sobre privacidad y protección de datos sensibles ante recientes ciberataques y la centralización de registros electrónicos.

Contexto Regulatorio

El marco normativo actual es un mosaico de leyes generales y Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que, si bien sientan algunas bases, están desalineadas y son insuficientes para el ecosistema digital moderno. Normas cruciales como la NOM-024-SSA3-2012, que regula los expedientes clínicos electrónicos, se encuentran tecnológicamente desactualizadas y no contemplan estándares modernos como HL7 FHIR. Esta falta de armonización entre las regulaciones de salud, las leyes de protección de datos y las normas sobre interoperabilidad generan incertidumbre jurídica y frenan la innovación.

Sin embargo, existen esfuerzos iniciales que abren paso al cambio:

- Existencia de marcos regulatorios iniciales: NOM-024-SSA3-2012, NOM-035-SSA3-2012, LFPDPPP (Ley de Protección de Datos Personales) y reformas digitales a la Ley General de Salud.
- Desarrollo reciente de la Cédula Digital de Salud, CURP biométrica y Llave MX como pilares de identidad digital, alineando otros ecosistemas.
- Fuerte impulso político para la creación del Sistema Universal de Salud 2026, planteando interoperabilidad nacional, expediente electrónico único y credencial digital centralizada que conecta IMSS, ISSSTE e IMSS-Bienestar.

Visión y Objetivos

Construir un ecosistema nacional de salud digital interoperable, escalable y seguro, optimizando la calidad de la atención, fortaleciendo la confianza ciudadana y promoviendo la equidad, garantizando la protección de los datos y facilitando la innovación, en favor del bienestar y la salud pública.

Principios rectores (equidad, seguridad, interoperabilidad, escalabilidad)

La transformación se guiará por un conjunto de principios éticos y operativos, basado en los Health Data Governance Principles, para asegurar que la tecnología sirva al bienestar de las personas :

- Proteger a las personas: Reconocer que los datos de salud son una extensión de la persona, garantizando el consentimiento informado, la seguridad integral, la transparencia y la minimización en la recolección de datos.
- Promover el valor en salud: Utilizar los datos de forma ética para mejorar los resultados clínicos, habilitar la investigación responsable, optimizar la eficiencia del sistema y fortalecer la vigilancia epidemiológica.
- Priorizar la equidad: Diseñar servicios digitales inclusivos que reduzcan las brechas de acceso, aseguren la pertinencia cultural y garanticen una distribución justa de los beneficios de la digitalización.

Adicionalmente, el sistema objetivo se caracterizará por ser:

- Centrado en la Persona: El paciente es el propietario y gestor de sus datos.
- Interoperable: Los sistemas se comunican a través de un "lenguaje" técnico y semántico común.
- Seguro y Confiable: Protección robusta de datos con total transparencia en su uso.
- Escalable y Sostenible: Una arquitectura que pueda crecer y adaptarse, con un modelo de financiamiento que asegure su viabilidad a largo plazo.



II. Gobernanza y Estrategia

Modelo de Gobernanza

Para superar la fragmentación histórica del Sistema Nacional de Salud mexicano, se propone un modelo de gobernanza de coordinación ligera y eficiente. Este modelo busca equilibrar tres dimensiones críticas:

1. La rectoría nacional del Sector Salud en materia de salud digital.
2. La autonomía operativa de las instituciones públicas y entidades federativas.
3. La participación colaborativa del sector privado, academia y sociedad civil.

Evitando la creación de nuevas estructuras burocráticas costosas y fortaleciendo las capacidades de organismos existentes. Este enfoque es consistente con las recomendaciones internacionales sobre transformación digital inclusiva y sostenible.

Mapa de Actores (Público, Privado, Academia, ONGs, Ciudadanía)

El éxito de la transformación digital depende de la colaboración coordinada de un ecosistema diverso de actores. El modelo de gobernanza debe ser interinstitucional y multisectorial, con una representación equitativa de los siguientes grupos:

Sector Público Federal

- Secretaría de Salud: Rectoría política general del ecosistema de salud digital nacional.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público: Supervisión presupuestal y sostenibilidad financiera.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes: Infraestructura de conectividad nacional, incluyendo acceso en zonas rurales.
- Coordinación de Estrategia Digital Nacional (Agencia de Transformación Digital y Telecomunicaciones): Articulación con agendas digitales transversales (Llave MX,).
- Dirección General de Modernización del Sector Salud: Actuará como la secretaría técnica nacional, responsable de la emisión de lineamientos técnicos, el desarrollo de estándares (incluyendo las Guías de Implementación FHIR México), la certificación de sistemas y la investigación.
- Dirección General de Información en Salud: Asumirá la coordinación operativa, incluyendo la gestión de la infraestructura de la Plataforma Nacional de Interoperabilidad (PNI), la ciberseguridad sectorial y el soporte a las entidades federativas.

Entidades Federativas

Representantes de las Secretarías de Salud estatales, responsables de la implementación territorial y la adaptación de políticas nacionales al contexto local, con énfasis en equidad y acceso en municipios de alta marginación.

Instituciones de Salud

Sector Público: Directivos de IMSS, ISSSTE, IMSS-Bienestar, PEMEX, SEDENA y servicios de salud estatales.

Sector Privado: Directivos de hospitales privados, clínicas, laboratorios, farmacias, aseguradoras privadas, startups y proveedores de tecnología.

Academia

Universidades y centros de investigación en salud digital, salud pública, informática médica, ingeniería en software, ciberseguridad, aportando conocimiento técnico, innovación y formación de talento especializado.

Sociedad Civil y Ciudadanía

Organizaciones no gubernamentales (ONGs) enfocadas en salud, derechos humanos, equidad, brecha digital, transparencia y acceso a la información.

Representantes de asociaciones de pacientes y grupos comunitarios, para garantizar que las soluciones digitales estén centradas en el usuario, sean accesibles y fortalezcan la legitimidad del sistema.

Roles y Responsabilidades Institucionales

Consejo Nacional de Salud Digital

Se propone la creación de un Consejo Nacional de Salud Digital como instancia rectora con una composición tripartita:

40% Sector Federal: Representantes de SSA, SHCP, SCT, RENAPO, ATD.

30% Sector Subnacional y Seguridad Social: Representantes de entidades federativas, IMSS, ISSSTE, IMSS-Bienestar, etc.

30% Actores no gubernamentales: Academia, sector privado, ONGs, pacientes.

Esta composición asegura una toma de decisiones inclusiva y equilibrada, mitigando captura regulatoria y promoviendo innovación.

Instituciones Clave y sus Funciones

Secretaría de Salud (SSA)

- Ejerce la rectoría política general del ecosistema de salud digital.
- Aprueba lineamientos, estándares y políticas nacionales.

Dirección General de Modernización del Sector Salud (DGMoSS)

- Actúa como secretaría técnica nacional (reemplazando funciones de CENETEC desde 2023).
- Emite lineamientos técnicos, desarrolla estándares y Guías de Implementación.
- Gestiona la certificación de sistemas conformes a estándares nacionales e internacionales.

Dirección General de Información en Salud (DGIS)

- Coordina operativamente la Plataforma Nacional de Interoperabilidad (PNI).
- Gestiona la infraestructura de datos, ciberseguridad sectorial y soporte a entidades federativas.
- Supervisa la integridad de SINBA y SINAIS.

RENAPO (Registro Nacional de Población)

- Provee servicios de identidad basados en CURP biométrica.
- Asegura sincronización demográfica y autenticación multifactor para el ecosistema "e-Salud CURP".

COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgo Sanitario)

- Emite lineamientos para recetas electrónicas.
- Supervisa su verificación y validez en puntos de dispensación.



III. Marcos Legales y Éticos: Gobernanza de Datos, Consentimiento, Privacidad

El marco jurídico y ético es la base fundamental para generar confianza pública en el sistema, proteger los derechos de los ciudadanos y garantizar el uso responsable de datos de salud.

Gobernanza de Datos

La gobernanza de datos de salud se rige por:

- Ley General de Salud (LGS): Marco fundamental que reconoce el derecho a la salud y la confidencialidad de la información clínica.
- Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares (LFPDPPP): Aplicable al sector privado.
- Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados (LGPDPSO): Aplicable al sector público.
- NOM-004-SSA3-2012: Del expediente clínico electrónico..
- NOM-024-SSA3-2012: Sistemas de información de registro electrónico para la salud.
- Intercambio de información en salud..

Principios de Gobernanza

- Seguridad y Confidencialidad: Controles técnicos de encriptación (AES-256), control de acceso basado en roles (RBAC) y auditoría inmutable.
- Trazabilidad: Registro inmutable de cada acceso, consulta y modificación de datos clínicos, permitiendo auditoría posterior.
- Privacidad por Diseño (Privacy by Design): Incorporación de protecciones de privacidad desde la etapa inicial de diseño de sistemas.

Consentimiento Informado

Se establece un modelo de consentimiento informado granular y dinámico, permitiendo al paciente:

- Definir qué datos específicos comparte (diagnósticos, medicamentos, estudios de imagen, notas clínicas, etc.).
- Especificar con quién comparte (otros proveedores, instituciones públicas específicas, investigadores).
- Determinar el propósito específico de cada compartición: (1) atención primaria, (2) salud pública y vigilancia, (3) investigación, (4) gestión clínica.

- Revocar el consentimiento en cualquier momento.

Mecanismos Reforzados para Consentimiento de Alto Riesgo

- Actos que involucren datos sensibles (diagnósticos de VIH, salud mental, reproducción) requieren firma electrónica avanzada..
- Los proveedores deben confirmar periódicamente (cada 12 meses) el consentimiento de acceso a datos sensibles

Consentimiento Colectivo e Investigación

- Se permite el uso secundario de datos con consentimiento colectivo para salud pública, investigación poblacional y medicina de precisión, siempre que se aplique anonimización y se cumpla con principios éticos de equidad y no discriminación.

Privacidad y Derechos del Paciente

Se codifican los Derechos Digitales del Paciente:

1. Derecho de Propiedad: El paciente es propietario de sus datos clínicos.
2. Derecho de Acceso: Acceso gratuito a su expediente completo a través del portal de salud.
3. Derecho de Portabilidad: Obtener copia de su información en formato estándar e interoperable (FHIR JSON).
4. Derecho de Comprensibilidad: Explicación clara de cómo se usa su información.
5. Derechos ARCO: Derechos de Acceso, Rectificación, Cancelación y Oposición
6. Derecho a Oposición: Rechazar usos secundarios de datos, salvo casos de salud pública grave.

Figura del Defensor del Paciente Digital:

Para garantizar el ejercicio de estos derechos, se propone la creación de la figura del Defensor del Paciente Digital, una entidad adscrita al Sistema Nacional de Salud con funciones de:

- Orientación y asesoría en materia de derechos digitales.
- Mediación en conflictos entre pacientes e instituciones.
- Defensa de derechos ante violaciones de privacidad.

Política y Marco Estratégico

La estrategia nacional se articula en torno a una Visión 2030 de un Sistema de Salud que "navega contigo" centrado en la persona, equitativo, resiliente y habilitado por la interoperabilidad digital. La implementación se llevará a cabo a través de una hoja de ruta por fases, diseñada para entregar valor clínico temprano y mitigar los riesgos de una implementación a gran escala.

Fase I: Fundamentos y Pilotos

Objetivos:

- Establecer la gobernanza, infraestructura técnica y marcos normativos.
- Demostrar viabilidad mediante pilotos en instituciones clave.
- Publicar estándares nacionales de referencia.

Hitos Clave:

1. Lanzamiento del Producto Mínimo Viable (MVP) de la Plataforma Nacional de Interoperabilidad (PNI):
 - Despliegue de API Gateway para conexión inicial de IMSS, ISSSTE, IMSS-Bienestar y otros.
 - Implementación de servicios de Master Patient Index (MPI) y registro de organizaciones.
2. Publicación de Estándares Nacionales:
 - Versión beta de la Guía de Implementación de Interoperabilidad, incluyendo perfiles para los recursos críticos: Patient, Observation, Medication, MedicationRequest, DiagnosticReport, Encounter.
 - Mapeos oficiales entre terminologías locales y SNOMED CT, LOINC, RxNorm, etc..
3. Portal Ciudadano "Mi Salud México":
 - Versión beta del portal que permite a ciudadanos acceder a su expediente interoperable.
 - Descarga de datos en formato FHIR.
 - Gestión granular de consentimientos.
4. Iniciativas Regulatorias:
 - Elaboración de borradores para la actualización de NOM-024-SSA3-2012.
 - Publicación de lineamientos piloto para receta electrónica interoperable.

Fase II: Escalamiento Nacional y Casos de Valor

Objetivos:

- Expandir la PNI a todas las entidades federativas.
- Demostrar casos de valor clínico e impacto operativo.
- Asegurar sostenibilidad técnica y financiera.

Hitos Clave:

1. Expansión de la PNI:
 - Conexión de las 32 entidades federativas al ecosistema.
 - Integración de instituciones de salud privadas.
 - Implementación de conectividad segura en zonas rurales mediante modelos alternativos (offline-first, sincronización asincrónica).
2. Receta Electrónica Nacional (Fase 1):
 - Lanzamiento operacional de receta electrónica interoperable.
 - Integración con farmacias públicas y privadas.
 - Rastreo de medicamentos a través de la cadena de suministro.
3. Integración de Telemedicina:
 - Conexión de plataformas de telemedicina con el Expediente Clínico Electrónico (ECE).
 - Protocolos estandarizados para consultas remotas y derivaciones, incluyéndolos en los PRONAM de la SS..
4. Ciberseguridad Sectorial:
 - Establecimiento de un Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) sectorial 24/7.
 - Implementación de estándares de ciberseguridad (NIST CSF 2.0, ISO 27001).

Fase III: Consolidación, Analítica y Madurez

Objetivos:

- Alcanzar cobertura nacional universal.
- Habilitar analítica poblacional y vigilancia epidemiológica.
- Asegurar madurez en gobernanza de datos y ciberseguridad.

Hitos Clave:

1. Cobertura Plena:
 - Integración del sector público y adhesión masiva del sector privado.
 - Expediente clínico único accesible desde cualquier punto de atención en territorio nacional.
2. Lago de Datos Federado:
 - Arquitectura federada para análisis poblacional, sin centralizar datos personales sensibles.
 - Habilitación de analítica de IA/ML para predicción de enfermedades, gestión de recursos y equidad en salud.
 - Vigilancia epidemiológica en tiempo real integrada a salud pública.
3. Receta Electrónica (Fase 2):
 - Extensión de receta electrónica a medicamentos controlados.
 - Integración con sistemas de farmacovigilancia nacional.
4. Madurez de Ciberseguridad:
 - Consolidación del sector a nivel NIST CSF 2.0 Tier 3.
 - Auditorías externas anuales y certificación ISO 27001 de todas las instituciones participantes.

Modelos de Financiamiento y Sostenibilidad

Proyección de Inversión:

Se proyecta una inversión total acumulada de 47,350 millones de pesos mexicanos (aproximadamente 2,631 millones USD, o ~US\$ 328 millones/año) durante el periodo 2025-2030. Este monto se considera consistente con rangos internacionales, representando menos del 25% del gasto en salud a 5 años.

Distribución de Inversión por Componentes:

Componente	Inversión (MXN Billones)	Porcentaje	Descripción
Componente Tecnológico	33,600	71%	PNI, integración institucional, portal ciudadano, conectividad, ciberseguridad, infraestructura.
Componente Humano	10,600	22%	Capacitación masiva (500,000+ profesionales), equipos técnicos, gestión del cambio
Componente Regulatorio	3,150	7%	Desarrollo normativo, certificación, asesoría legal

Principios de Gobernanza de Datos

La gestión de los datos de salud se regirá por un conjunto de principios diseñados para proteger a las personas, generar valor para el sistema de salud y promover la equidad en salud.

Ciclo de Vida de los Datos de Salud

Recolección

- Debe efectuarse con un propósito definido, legítimo y explícito, bajo principio de minimización de datos.
- Consentimiento previo del paciente, excepto en emergencias de salud pública.
- Documentación de origen y calidad de datos.

Almacenamiento y Procesamiento

- Garantizar seguridad robusta mediante encriptación (AES-256 para datos en reposo; TLS 1.3+ en tránsito).
- Control de acceso basado en roles (RBAC) y principio de menor privilegio.
- Sistemas de backup y recuperación ante desastres (RTO <4 horas, RPO <1 hora).

Intercambio y Uso

- Habilitado mediante la Plataforma Nacional de Interoperabilidad con estándares abiertos (FHIR, HL7, IHE).
- Usos primarios: atención clínica, continuidad de cuidados.
- Usos secundarios: salud pública, investigación, vigilancia epidemiológica, con salvaguardas de anonimización.

Conservación y Disposición

- Anonimización mandatoria para usos secundarios después de período de conservación clínica.
- Procedimientos seguros de destrucción de datos no reutilizables, con auditoría documentada.

Principios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable)

Aunque el acrónimo "FAIR" no se utiliza explícitamente en la legislación mexicana, los principios de la presente guía se alinean estrechamente con este marco internacional, reconocido por UNESCO y organismos científicos globales:

Findable (Encontrable)

- Arquitectura con directorios y metadatos centralizados para localización eficiente de información clínica.
- Identificadores únicos (CURP biométrico) que facilitan búsqueda y vinculación de registros de pacientes.
- Sistemas de indexación semántica con SNOMED CT, LOINC, RxNorm.

Accessible (Accesible)

- Derecho constitucional y legal del paciente a acceder a su expediente completo a través del portal de salud..
- Obligación de los sistemas de proveer información en formatos legibles (FHIR JSON/XML, PDF, PDF/A).
- Acceso a profesionales de salud autorizados conforme a consentimiento y rol clínico.
- Cumplimiento de estándares de accesibilidad para personas con discapacidades (WCAG 2.1 AA).

Interoperable (Interoperable)

- Estándares de datos: HL7 FHIR (primario), HL7 v2.x (transición), CDA (documentos).
- Terminologías: SNOMED CT, ICD-11, LOINC, RxNorm, CVX.
- Perfiles: IHE (XDS, PIX, RRE, EPCS, LRI), HL7 CCD, FHIR Structured Data Capture (SDC).
- Interoperabilidad técnica, semántica, organizacional y legal.

Reusable (Reutilizable)

- Marco establecido para uso secundario de datos anonimizados a través de "licencias por interés público" para investigación y salud pública.
- Consentimiento colectivo para datos comunitarios, promoviendo reutilización ética.
- Registros de investigación de acceso nacional.

Calidad de Datos, Custodia y Rendición de Cuentas

Calidad de Dato se promoverá mediante:

1. Terminologías Estándar: Uso obligatorio de SNOMED CT, LOINC, RxNorm en catálogos nacionales.
2. Mapeos Oficiales: Mapeos semánticos entre sistemas locales heredados y terminologías estándar, gestionados por DGMoSS.
3. Validaciones Automáticas: Reglas de validación en tiempo de captura (rango de valores, combinaciones clínicas válidas).
4. Auditorías de Calidad: Auditorías trimestrales de completitud, exactitud y consistencia de datos.

Custodia de Datos (Stewardship)

La gobernanza define roles claros de responsabilidad:

- DGMoSS y DGIS: Custodios de estándares, infraestructura nacional, interoperabilidad y seguridad transversal.
- Instituciones de Salud (IMSS, ISSSTE, SSA, etc.): Responsables de la calidad, seguridad y confidencialidad de datos que generan y custodian.
- Pacientes: Custodios de su información personal, con derecho a controlar qué datos comparten y con quién.

Rendición de Cuentas (Accountability)

Se establece a través de múltiples mecanismos:

1. Trazabilidad:
 - Cada acceso, consulta y modificación en el Expediente Clínico Electrónico debe ser registrado de forma inmutable.
 - Auditoría periódica conforme a NOM-004-SSA3-2012.
 - Auditoría de protección de datos supervisada por DGMoSS..
2. Transparencia:
 - Tablero Nacional de Interoperabilidad de acceso público con métricas de desempeño.
 - Publicación anual de informes de auditoría ciberseguridad, incidentes y conformidad normativa.
 - Reporte de brechas de seguridad en términos de 72 horas..
3. Supervisión:
 - Las secretarías e instituciones correspondientes.
 - Defensor del Paciente Digital: Defensa de derechos digitales y mediación de conflictos.
 - Auditoría Externa: Auditorías independientes anuales de ciberseguridad y conformidad (ISO 27001, SOC 2).

VI. Arquitectura e Interoperabilidad

Transición del Modelo de Sistemas Aislados a Ecosistema Conectado:

La arquitectura nacional propuesta representa una transición fundamental de un modelo fragmentado de sistemas de información aislados hacia un ecosistema de salud digital conectado, seguro y centrado en la persona. Se basa en un enfoque federado que respeta la autonomía de las instituciones públicas, privadas y especializadas, pero exige el cumplimiento obligatorio de estándares nacionales e internacionales para garantizar el flujo fluido, seguro y significativo de información clínica.

Este cambio paradigmático busca:

- Continuidad asistencial: Acceso a antecedentes clínicos a lo largo del ciclo de vida del paciente.
- Eficiencia operativa: Eliminación de duplicidades, automatización de procesos.
- Seguridad y privacidad: Protección de datos sensibles mediante cifrado, auditoría y consentimiento.
- Equidad: Reducción de brechas en acceso a información entre zonas urbanas y rurales, instituciones públicas y privadas.

Diagrama de Arquitectura Lógica: Capas de Referencia

La arquitectura de referencia se estructura en cuatro capas lógicas que organizan componentes, funciones e interacciones de manera coherente y escalable:

Capa de Usuarios:

Incluye a los actores finales que interactúan con el ecosistema:

- Pacientes/Ciudadanos: Acceden a través del portal de salud para visualizar su expediente, gestionar consentimientos, descargar información, solicitar portabilidad.
- Profesionales de la Salud: Médicos, enfermeras, especialistas, laboratoristas acceden a través de sistemas institucionales (EHRs) o aplicaciones móviles.
- Administradores: Responsables de sistemas de información, cumplimiento normativo, auditoría de seguridad.
- Investigadores: Acceso a datos anonimizados para investigación bajo marcos de ética y consentimiento colectivo.

Capa de Aplicaciones:

Contiene los sistemas de información de salud de cada institución y aplicaciones verticales:

- Expediente Clínico Electrónico (ECE) Institucional: Cada institución (IMSS, ISSSTE, IMSS-Bienestar, hospitales privados) mantiene su ECE operativo.
- Sistemas Departamentales Especializados: Laboratorio (LIS), Imagenología (PACS), Farmacia (Sistema de Gestión Farmacéutica).
- Aplicaciones de Atención Remota: Telemedicina, monitoreo remoto de pacientes crónicos.
- Portal de salud: Interfaz web y móvil de acceso para ciudadanos.
- Sistemas de Terceros: Aplicaciones de diagnóstico asistido, gestión de medicamentos, seguimiento de alergias.

Todas estas aplicaciones consumen y exponen datos a través de la capa de interoperabilidad mediante APIs estandarizadas.

Capa de Datos e Interoperabilidad (Núcleo Arquitectónico)

Es el corazón de la arquitectura. Contiene componentes críticos de orquestación e integración:

- Plataforma Nacional de Interoperabilidad (PNI):
 - Bus de integración que orquesta el intercambio seguro de datos.
 - API Gateway REST basado en HL7 FHIR R4.
 - Enrutamiento inteligente de solicitudes basado en afiliación de pacientes y consentimiento.
 - Gestión centralizada de transacciones y auditoría inmutable.
- Registro Maestro Nacional de Pacientes (RMNP):
 - Basado íntegramente en CURP como identificador único.
 - Índice maestro (MPI) que sincroniza datos demográficos.
 - Metadatos críticos: alergias, grupo sanguíneo, órganos para donación, contactos de emergencia.
 - Enlace con RENAPO para validación de identidad y autenticación biométrica.
- Servicios de Terminología Centralizado:
 - Mapeos entre terminologías locales y estándares (SNOMED CT, LOINC, RxNorm, ICD-11, CVX).
 - Catálogos nacionales de medicamentos, procedimientos, códigos diagnósticos.
 - Actualizaciones periódicas sincronizadas con actualizaciones internacionales.
- Gestión de Consentimiento:

- Motor de consentimiento granular que evalúa permiso para cada transacción.
- Auditoría de consentimientos otorgados y revocados.
- Servicio de Seguridad e Identidad:
 - Autenticación mediante OAuth 2.0/OpenID Connect (OIDC).
 - Validación biométrica y multifactor (CURP + SMS/correo electrónico).
 - Gestión de sesiones y tokens seguros.

Capa de Infraestructura

Compuesta por los recursos tecnológicos base que soportan todas las capas superiores:

- Conectividad Red:
 - Infraestructura nacional de conectividad (fibra óptica, microondas, tecnologías alternas en zonas remotas).
 - Redes privadas virtuales (VPNs) para tránsito seguro de datos sensibles.
 - Cumplimiento de acuerdos de nivel de servicio (SLA) de 99.9% de disponibilidad.
- Servicios de Cómputo:
 - Infraestructura en la nube (AWS, Cloud, o solución nacional) para escalabilidad y elasticidad.
 - Servidores FHIR operados por DGMoss/DGIS para PNI y RMNP.
 - Almacenamiento redundante geográficamente distribuido para resiliencia.
- Bases de Datos:
 - Bases de datos relacionales (PostgreSQL, Oracle) para datos transaccionales.
 - Data lakes para análisis y big data.
 - Almacenamiento de documentos (S3/Azure Blob) para imágenes DICOM, PDFs.
- Seguridad e Identidad:
 - Módulos de seguridad de hardware (HSM) para gestión de claves.
 - Certificación digital (PKI/X.509) para firmas electrónicas.
 - Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) 24/7 para monitoreo de amenazas.
 - Firewalls, IDS/IPS, WAF (Web Application Firewall).

Modelo Nacional de Intercambio de Información de Salud (HIE)

Fundamentos del Modelo HIE Mexicano:

El modelo nacional de intercambio de información de salud (Health Information Exchange - HIE) se basa en una adaptación del marco OpenHIE (Open Health Information Exchange), desarrollado por el Health Information Systems Program (HISP) de la Universidad de Oslo y ampliamente adoptado en países de ingresos medios-bajos como Uganda, Kenia, Bangladesh e India.

El modelo no centraliza todos los datos clínicos en un único repositorio nacional (evitando así concentración de riesgos de privacidad y seguridad), sino que crea una infraestructura compartida federada que facilita el intercambio seguro entre sistemas existentes descentralizados de cada institución.

Arquitectura CURP-Céntrica: El Pilar de la Identidad Digital en Salud

Una decisión arquitectónica estratégica fundamental es que todos los componentes funcionan de manera "CURP-nativa", es decir, la Clave Única de Registro de Población es el identificador obligatorio en cada transacción:[10,11]

Ventajas de este enfoque:

- Cobertura casi universal: 95% de la población mexicana posee CURP.
- Infraestructura existente: Aprovecha RENAPO, evitando crear un nuevo sistema de identidad.
- Costo reducido: Implementación 70% menos costosa que crear un nuevo identificador único de salud.
- Tiempo acelerado: 18 meses de adopción vs. 5 años de un nuevo sistema.
- Integración transversal: La CURP ya es utilizada por SAT (RFC), Llave MX, instituciones educativas, bancarias.

Componentes Centrales del HIE Mexicano

1. Registro Maestro Nacional de Pacientes (RMNP)

Definición y Función:

El RMNP funciona como el Master Patient Index (MPI) nacional, basado íntegramente en CURP como identificador único primario.

Arquitectura:

- Capa de Sincronización Demográfica: Vinculación en tiempo real con RENAPO para validación de identidad, datos demográficos actualizados (nombre, fecha de nacimiento, domicilio, estado civil).
- Capa de Metadatos Clínicos Críticos:
 - Alergias conocidas (codificadas en SNOMED CT)
 - Grupo sanguíneo y compatibilidad

- Órganos aptos para donación
- Condiciones médicas crónicas identificadas
- Contactos de emergencia y poderes notariales para salud
- Gestión de Duplicados y Fusión de Identidades:
 - Reglas de deduplicación basadas en algoritmos probabilísticos (Soundex, Jaro-Winkler) aplicados a datos demográficos.
 - Meta de <1% de duplicados residuales.
 - Procedimiento de fusión de identificadores temporales (asignados en urgencias sin conectividad) en plazo <7 días.

Seguridad:

- Acceso restringido a personal autorizado con roles específicos (lectores de datos demográficos, escritores de alergias, administradores).
- Cifrado AES-256 para datos en reposo.
- Auditoría inmutable de accesos y modificaciones.

2. Plataforma Nacional de Interoperabilidad (PNI)

Definición y Función:

La PNI es el bus de integración central que orquesta el intercambio de información entre sistemas heterogéneos, garantizando seguridad, conformidad a estándares y disponibilidad.

Arquitectura Técnica:

- API Gateway REST/FHIR:
 - Endpoints expuestos para operaciones CRUD (Create, Read, Update, Delete) de recursos FHIR.
 - Ruta base: <https://api.pni.gob.mx/fhir/r4/>
 - Ejemplos de endpoints:
 - GET /Patient/{curp} → Obtener datos demográficos.
 - GET /Observation?patient={curp} → Obtener observaciones (laboratorios, vitales).
 - POST /MedicationRequest → Crear solicitud de medicamento.
 - GET /DiagnosticReport?patient={curp}&date=after:{fecha} → Obtener reportes recientes.
- Enrutamiento Inteligente:
 - Consulta la afiliación del paciente en el RMNP.
 - Identifica instituciones donde el paciente tiene registros.
 - Valida consentimiento del paciente para compartir datos específicos.
 - Enruta la solicitud a los sistemas de origen (IMSS, ISSSTE, clínicas privadas, laboratorios).
 - Agrega respuestas y retorna información consolidada al solicitante.

- Patrón de Intercambio: Hub-and-Spoke Modificado (OpenHIE):
 - Centro (Hub): PNI como punto central de enrutamiento.
 - Radios (Spokes): ECEs institucionales que exponen sus propias APIs FHIR.
 - Cada institución mantiene control de sus datos, pero acepta exponer APIs conformes a estándares.
- Orquestación de Transacciones:
 - Manejo de transacciones de larga duración (consultas a múltiples instituciones pueden tardar segundos).
 - Reintentos automáticos en caso de falla de destino.
 - Timeout configurable (por defecto 30 segundos).

Funcionalidades Avanzadas:

- Caché Distribuido: Para datos consultados frecuentemente (p. ej., medicamentos activos, alergias).
- Event Streaming (Apache Kafka): Para notificaciones en tiempo real de eventos clínicos (p. ej., ingreso a urgencias, alta hospitalaria).
- Validación de Conformidad FHIR: Cada respuesta se valida contra perfiles FHIR-MX antes de retornarse.

Seguridad:

- Autenticación sistema-a-sistema mediante certificados mTLS (mutual TLS).
- Autenticación usuario mediante OAuth 2.0/OIDC con biometría.
- Rate limiting y throttling para evitar abuso.
- Auditoría completa de todas las transacciones para detectar accesos no autorizados.
- Cifrado end-to-end de datos sensibles.

3. Portal de Salud

Visión del Portal:

Es la interfaz ciudadana del ecosistema, permitiendo a cada persona acceder a su expediente longitudinal interinstitucional, ejercer control sobre sus datos y participar activamente en su atención.

Funcionalidades Principales:

1. Acceso al Expediente Interinstitucional:
 - Visualización consolidada de:
 - Antecedentes médicos (diagnósticos, cirugías, hospitalizaciones)
 - Medicamentos activos de todas las instituciones
 - Alergias conocidas
 - Laboratorios y estudios de imagen recientes

- Vacunaciones
 - Discapacidades y condiciones crónicas
 - Vista cronológica de todas las consultas realizadas.
2. Gestión Granular de Consentimientos:
- Dashboard visual donde el paciente visualiza qué instituciones/profesionales tienen acceso a qué datos.
 - Controles por tipo de dato: "Permitir que [Institución X] acceda a mis diagnósticos hasta [Fecha]"
 - Revocación instantánea de permisos.
 - Historial de consentimientos otorgados y revocados con marcas de tiempo.
3. Portabilidad de Datos:
- Descarga del expediente completo en formatos:
 - FHIR JSON/XML (estándar)
 - PDF legible
 - CSV para análisis personal
 - Transferencia segura a otro proveedor de salud mediante cartas de derivación digital.
4. Comunicación Bidireccional:
- Notificaciones de nuevos resultados de laboratorio.
 - Alertas de medicamentos pendientes de surtir.
 - Recordatorios de vacunas vencidas.
 - Mensajes seguros con proveedores de salud.

Autenticación Robusta (Multi-Factor):

- Factor 1: CURP (conocimiento)
- Factor 2: Biometría (huella dactilar, iris) capturada en RENAPO o enviada mediante verificación facial en app.
- Factor 3: OTP (One-Time Password) vía SMS o correo electrónico.
- Resultado: Token JWT con validez de 8 horas; renovación requiere re-autenticación.

Cumplimiento de Estándares:

- WCAG 2.1 AA para accesibilidad (personas con discapacidades visuales, auditivas, motoras).
- Disponible en español, con opciones de traducción a lenguas indígenas (mixe, zapoteco, maya, etc.) en fases futuras.
- Responsive design para móviles (donde se concentra acceso en zonas rurales).

Marco de Interoperabilidad: Cuatro Niveles

Para que el intercambio de información sea efectivo y significativo, la interoperabilidad debe abordarse de manera sistémica en cuatro niveles interdependientes, tal como lo definen los marcos internacionales de referencia (OpenHIE, IHE, PAHO-DTCI).

Nivel 1: Interoperabilidad Técnica

Objetivo: Asegurar que los sistemas puedan conectarse físicamente y transferir datos sin errores.

Componentes:

1. Protocolos de Comunicación:
 - HTTPS (TLS 1.3+): Protocolo de transporte seguro obligatorio.
 - REST (Representational State Transfer): Arquitectura de APIs para intercambio de recursos.
 - APIs RESTful FHIR: Métodos HTTP estándar (GET, POST, PUT, DELETE) para operaciones CRUD.
2. Formatos de Datos:
 - JSON (JavaScript Object Notation): Formato primario, más ligero y manejable.
 - XML (eXtensible Markup Language): Formato alternativo para compatibilidad legacy.
 - Validación contra esquema FHIR para garantizar estructura correcta.
3. Conectividad de Red:
 - Infraestructura nacional de conectividad (fibra óptica, redes móviles 4G/5G).
 - Alternativas para zonas sin conectividad (sincronización offline, modelos asíncrono).
 - VPNs para encapsular tráfico sensible.

Métricas de Éxito:

- Tiempo de respuesta API: <2 segundos (p95)
- Disponibilidad de sistema: ≥99.9%
- Tasa de transacciones exitosas: ≥99.5%

Nivel 2: Interoperabilidad Semántica

Objetivo: Garantizar que el significado de los datos intercambiados sea comprendido idénticamente por todos los sistemas.

Componentes:

1. Terminologías Clínicas Estandarizadas:

- SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms):
 - Terminología clínica integral con >350,000 conceptos.
 - Utilizado para diagnósticos, procedimientos, hallazgos, síntomas.
 - Licenciado a nivel nacional mediante acuerdo con SNOMED International.
- LOINC (Logical Observation Identifiers Names and Codes):
 - Códigos para ~90,000 pruebas de laboratorio y observaciones.
 - Utilizado en todos los sistemas de información de laboratorio.
- RxNorm (Medication Naming System):
 - Nomenclatura estándar para medicamentos, dosis, formas, rutas.
 - Utilizado en sistemas de prescripción y farmacoterapia.
- ICD-11 (Clasificación Internacional de Enfermedades, 11a Revisión):
 - Clasificación estadística de enfermedades, lesiones, problemas de salud.
 - Implementación progresiva desde ICD-10, con fecha meta 2027.
- CVX (Vaccine Code Set):
 - Códigos estandarizados para vacunas.
 - Integración obligatoria en registros de inmunizaciones.

2. Catálogos Nacionales:

- Medicamentos autorizados en México (COFEPRIS).
- Procedimientos y servicios de salud.
- Establecimientos Registrados de salud (CLUES - Clave Única de Establecimientos en Salud).
- Profesionales de salud con cédula profesional válida.

3. Mapeos y Conversiones Semánticas:

- Tablas de equivalencia entre terminologías locales heredadas y estándares.
- Algoritmos automáticos para traducción en tiempo real durante intercambios.
- Revisión periódica (semestral) de mapeos por equipos de expertos clínicos.

Métricas de Éxito:

- 95%+ de datos codificados en terminologías estándar.
- <1% de ambigüedades semánticas detectadas en auditorías.
- Precisión de mapeos: >99%.

Nivel 3: Interoperabilidad Organizacional

Objetivo: Coordinar procesos y flujos de trabajo entre distintas instituciones para garantizar continuidad y eficiencia asistencial.

Componentes:

1. Estandarización de Procesos Clave:

- Referencia y Contrarreferencia: Estándares IHE (Referral Requests and Follow-Up - RFD).
- Resultados de Laboratorio: Estándares IHE Laboratory (LAB) para orden y resultado.
- Imagenología: Estándares IHE Radiology (RAD) para compartición de reportes e imágenes.
- Receta Electrónica: Proceso estandarizado de prescripción, transmisión, dispensación.

2. Flujos de Trabajo Rediseñados:

- Antes (Fragmentado): Paciente → Clínica A → Solicita papeles → Clínica B → Ingresa manualmente en ECE.
- Después (Interoperable): Paciente → Clínica A → CURP consultado automáticamente → Datos de Clínica B recuperados → Disponibles en ECE de Clínica A en <1 segundo.

3. Capacitación y Cambio Organizacional:

- Programas de capacitación uniformes para profesionales de salud en uso de nuevos flujos.
- Cambio cultural: de "custodios de información" a "colaboradores en atención compartida."
- Incentivos para compliance, reconocimientos públicos.

4. Gobernanza Compartida:

- Convenios marco entre instituciones definiendo:
 - Qué datos compartir
 - Propósitos permitidos (atención, salud pública, investigación)
 - Responsabilidades de seguridad
 - Auditoría y resolución de conflictos

Métricas de Éxito:

- ≥90% de referencias interhospitalarias con datos compartidos.
- Tiempo de acceso a antecedentes durante consulta: <5 segundos.
- Satisfacción de clínicos con flujos nuevos: >80%.

Nivel 4: Interoperabilidad Legal

Objetivo: Establecer marco jurídico que da certeza y legitimidad al intercambio de datos, protegiendo derechos de pacientes y obligaciones de instituciones.

Componentes:

1. Marcos Legislativos Alineados:
 - Reforma de NOM-024-SSA3-2012 para requerir FHIR R4.
 - Actualización de NOM-035-SSA3-2012 para privacidad digital.
 - Ley General de Protección de Datos Personales (LGPDPPO) para el sector público y privado.
 - LFPDPPP para sector público y privado.
2. Convenios Interinstitucionales:
 - Acuerdos de confidencialidad entre IMSS, ISSSTE, IMSS-Bienestar, etc.
 - Contratos de integración con proveedores privados y clínicas independientes.
 - Acuerdos de Data Processing entre instituciones y plataforma PNI.
3. Protocolos de Auditoría:
 - Auditoría anual independiente de cumplimiento normativo.
 - Inspecciones no anunciadas de seguridad cibernética.
 - Reportes públicos de incidentes y breaches (dentro de 72 horas).
 - Mecanismos de sanción para incumplimiento (multas, exclusión del sistema).
4. Derechos y Obligaciones Codificados:
 - Derechos del Paciente: Acceso, portabilidad, rectificación, eliminación (bajo ciertas condiciones).
 - Obligaciones de Instituciones: Confidencialidad, seguridad, auditoría, reporte de breaches.
 - Responsabilidades de la PNI: Disponibilidad, rendimiento, seguridad.

Métricas de Éxito:

- 100% conformidad normativa en auditorías.
- <1 breach de seguridad por 10 millones de transacciones.
- Resolución de conflictos en <30 días.[2,8,14]

Estándares de Referencia Nacionales e Internacionales

La estrategia nacional adopta un conjunto de estándares abiertos e internacionales como base obligatoria para todo el ecosistema. Esta adopción es mandatoria para nuevas implementaciones y recomendada para sistemas heredados en transición:

HL7 FHIR R4

Definición:

Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) es el estándar moderno para intercambio de datos clínicos. Es una especificación para:

- Intercambio de datos mediante APIs REST.
- Representación de recursos (Patient, Medication, DiagnosticReport, etc.) en JSON/XML.
- Definición de perfiles para contextos específicos.

HL7 v2.x

Definición:

HL7 v2.x es el estándar antecedente de FHIR, basado en mensajes delimitados por caracteres especiales. Aunque obsoleto técnicamente, sigue siendo ampliamente usado en sistemas heredados.

Rol en la Arquitectura Nacional:

- Soporte durante período de transición para sistemas legacy de IMSS, IMSS-BIENESTAR, ISSSTE, etc.
- Adaptadores bidireccionales HL7 v2 ↔ FHIR para traducción automática.
- Plan de migración obligatoria: todos los sistemas v2 deben migrar a FHIR antes de 2030.

CDA R2

Definición:

CDA es estándar XML para documentos clínicos estructurados (notas clínicas, resúmenes de alta, reportes).

Aplicaciones:

- Resúmenes clínicos en transiciones de cuidados.
- Notas de consulta especializadas.
- Reportes de procedimientos quirúrgicos.

SNOMED CT (Terminology Standard)

Definición:

SNOMED CT es terminología clínica integral con >350,000 conceptos para diagnósticos, procedimientos, hallazgos, síntomas.

Adopción en México:

- Licencia Nacional: Acuerdo con SNOMED International para acceso sin costo a instituciones públicas de salud.
- Extensión México: Desarrollo de extensión nacional con términos específicos contexto mexicano (medicamentos locales, procedimientos típicos).
- Implementación Obligatoria: En diagnósticos (Condition), procedimientos (Procedure), hallazgos clínicos (Observation.code) en FHIR.

LOINC (Laboratory and Clinical Observations)

Definición:

LOINC es estándar para ~90,000 códigos de pruebas de laboratorio, observaciones clínicas, vitales.

Adopción:

- Obligatorio en LIS (Laboratory Information Systems): Toda orden y resultado de laboratorio debe codificarse en LOINC.
- Integración con FHIR: Campo Observation.code en recursos FHIR DiagnosticReport.

ICD-11 (Clasificación Internacional de Enfermedades)

Definición:

ICD-11 es clasificación estadística actualizada de enfermedades, lesiones, problemas de salud (sucesora de ICD-10).

Plan de Adopción en México:

- Fase 1: Implementación piloto en institutos de salud especializados.
- Fase 2 : Despliegue nacional en hospitales de primer nivel.
- Fase 3: Retiro de ICD-10, migración completa a ICD-11.

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

Definición:

DICOM es estándar para almacenamiento, intercambio y visualización de imágenes médicas (radiografías, tomografías, RMN).

Adopción:

- Estándar de facto en departamentos de radiología e imagenología.
- Integración con FHIR mediante DICOMweb (APIs REST para acceso a imágenes DICOM).
- Obligatorio en PACS (Picture Archiving and Communication Systems).

Estrategia de Identificadores Únicos

CURP como Identificador Primario Universal:

La decisión arquitectónica fundamental es utilizar CURP (Clave Única de Registro de Población) como identificador único obligatorio para todos los pacientes en el ecosistema de salud digital.

Justificación:

- Cobertura: 95% de población mexicana.
- Unicidad: Garantizada por RENAPO.
- Longevidad: Permanece con la persona de por vida.
- Integración Transversal: Usado por SAT (RFC), Llave MX, IMSS, educación, banca.
- Costo: Aprovecha infraestructura existente.

Representación en FHIR:

```
{
  "resourceType": "Patient",
  "identifier": [
    {
      "system": "http://sistema.salud.gob.mx/curp",
      "value": "AAAA123456HDFNNR09",
      "period": {
        "start": "2025-01-01"
      }
    }
  ]
}
```

Identidad Digital e Identificación Única de la Persona

Vínculo Estratégico con Identidad Nacional (CURP y Llave MX)

La estrategia de identidad digital en salud se alinea con la agenda más amplia de identidad digital del Gobierno Mexicano, aprovechando dos pilares existentes:

1. CURP Biométrica

A partir de octubre 2025, RENAPO opera la CURP Biométrica que incluye:

- Datos demográficos base de la CURP alfanumérica (18 caracteres).
- Datos biométricos:
 - Huella dactilar (10 dedos digitalizados)
 - Iris (ambos ojos)

- Foto facial en alta resolución
- Código QR que encapsula información criptográficamente.

Ventajas para Salud Digital:

- Autenticación multifactor robusta sin necesidad de contraseñas.
- Vinculación única de identidad, eliminando riesgo de suplantación.
- Lectura de datos demográficos directamente del QR de CURP (en consultorios, urgencias).

Implementación en Ecosistema de Salud:

- Lectores biométricos en establecimientos de salud.
- Sincronización en tiempo real con RENAPO para validación.
- Costo compartido: RENAPO provee servicios, instituciones de salud adquieren lectores.

2. Llave MX (Portal de Identidad Digital Federal)

La Llave MX es el portal federal unificado de identidad digital, que desde 2025 integra servicios de múltiples instituciones:

- RENAPO: Identidad base (CURP).
- SAT: Identificación fiscal (RFC).
- IMSS: Datos de afiliación (NSS).
- Secretaría de Hacienda: Cuenta bancaria para transferencias.
- Otros: Licencia de conducir, pasaporte, etc.

Para Salud Digital:

- Llave MX será el portal de autenticación unificado para acceder al portal de salud..
- Uso de OAuth 2.0/OIDC estándar para single sign-on.
- Tokens de Llave MX válidos también para telemedicina privada, servicios de farmacia digital, etc.

Flujo de Autenticación:

Usuario → Portal de Salud

↓

"Login con Llave MX"

↓

Redirección a Llave MX (oauth/authorize)

↓

Ingresa credenciales Llave MX (CURP + biometría)

↓

Llave MX valida contra RENAPO

↓

Token retornado al portal

↓

Usuario autenticado, acceso a expediente

Registro Maestro Nacional de Pacientes (RMNP) y Coincidencia de Pacientes

Funcionalidad de Coincidencia (Patient Matching)

El RMNP implementa algoritmos sofisticados de coincidencia de pacientes para resolver el problema clásico de identificación duplicada:

Desafíos:

- Discrepancias en nombres ("José" vs. "Jose", "María del Carmen" abreviado).
- Variaciones en fechas (02/03/1975 vs. 1975-03-02).
- Tipografía: caracteres especiales, tildes.
- Homónimos: múltiples "Juan García García" en país de 130 millones.

Algoritmos de Coincidencia:

1. Matching Exacto:
 - CURP + nombre exacto + fecha nacimiento → Coincidencia confirmada en <100ms.
2. Matching Probabilístico (Feldstein Algorithm + Jaro-Winkler):
 - Comparación de múltiples campos (nombre, apellido1, apellido2, fecha nacimiento, género).
 - Puntaje de confianza 0-100%.
 - Umbral: >95% desencadena revisión manual.
3. Phonetic Matching (Soundex):
 - Para nombres muy diferentes ("Felipe" vs. "Philipe").
4. Temporal Matching:
 - Para historiales del mismo paciente capturados en momentos diferentes (urgencias vs. consulta posterior).

Meta de Deduplicación:

- Tasa de duplicados residuales: <1%.
- Falsos positivos: <0.1%.

Gestión de Identificadores Temporales

En emergencias o zonas sin conectividad, se asignan identificadores temporales que se fusionan posteriormente:

- Identificador Temporal: Prefijo especial (TEMP-AAAA-XXXXX).
- Procedimiento de Fusión: Cuando se resuelve la identidad (ingresa CURP o es validado biométricamente), se fusiona con registro permanente CURP.
- Plazo: Fusión automática en <7 días; manual después de 30 días.
- Auditoría: Registro completo de fusiones para trazabilidad.

Seguridad y Autenticación (OAuth 2.0, OpenID Connect, TLS)

La seguridad del intercambio de datos es no negociable. La arquitectura implementa capas múltiples de protección:

Nivel 1: Encriptación en Tránsito (TLS 1.3+)

Protocolo: HTTPS con TLS 1.3 minimum.

Configuración:

- Suite de cifrado fuerte: TLS_AES_256_GCM_SHA384, TLS_CHACHA20_POLY1305_SHA256.
- Perfect Forward Secrecy (PFS) habilitado.
- Certificados X.509 válidos, renovados automáticamente.
- HSTS (HTTP Strict Transport Security) configurado.

Verificación:

- Auditoría anual de criptografía por terceros (SSL Labs rating A+).

Nivel 2: Autenticación y Autorización (OAuth 2.0 / OpenID Connect)

Para Sistemas (System-to-System):

- Autenticación: Certificado mTLS (mutual TLS).
- Autorización: Scopes FHIR específicos.
 - Ejemplo: system/Patient.read (leer datos de paciente).
 - Ejemplo: system/MedicationRequest.write (crear prescripción).

Flujo:

1. Sistema A presenta certificado a PNI
2. PNI valida certificado contra lista de confianza
3. PNI emite token JWT con scopes autorizados
4. Sistema A incluye token en header Authorization: Bearer <JWT>
5. PNI valida firma del token
6. Autorización según scopes

Para Usuarios (Patient/Provider Logins):

- Protocolo: OAuth 2.0 Authorization Code Flow + OpenID Connect.
- Proveedor de identidad: Llave MX (federal) o RENAPO (CURP biométrica).
- Multi-factor authentication:
 - Factor 1: CURP (conocimiento).
 - Factor 2: Biometría (huella, iris) O SMS OTP.
 - Factor 3 (opcional para datos sensibles): Pregunta de seguridad personalizada.

Token JWT (ejemplo decodificado):

```
{
  "iss": "https://identidad.pni.gob.mx",
  "sub": "AAAA123456HDFNNR09",
  "aud": "mi-salud-mexico",
  "exp": 1762351200,
  "iat": 1762347600,
  "scopes": ["patient/Patient.read", "patient/Observation.read"],
  "name": "Juan Pérez García",
  "email": "juan@example.com",
  "verified_email": true,
  "nonce": "a8b1c2d3e4f5"
}
```

Nivel 3: Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) y Consentimiento

RBAC Jerárquico:

- Admin Hospital > Médico > Enfermera > Técnico > Paciente.
- Cada rol tiene permisos específicos:
 - Médico: Puede ver/crear/modificar diagnósticos.
 - Enfermera: Puede ver observaciones, actualizar vital signs.
 - Paciente: Puede ver su propio expediente.

Validación de Consentimiento en Tiempo Real:

Sistema de Clínica B solicita: GET /Observation?patient={CURP}

↓

PNI consulta RMNP: ¿Sistema Clínica B tiene consentimiento del Paciente?

↓

Consentimiento existe y vigente: Sí

↓

PNI enruta a IMSS, ISSSTE, obtiene datos

↓

Filtra datos según alcance del consentimiento

↓

Retorna solo observaciones permitidas

Nivel 4: Auditoría y Detección de Anomalías

Auditoría Inmutable:

- Log centralizado de CADA acceso a datos clínicos:
 - Usuario/Sistema que accedió
 - Recurso específico
 - Hora/fecha
 - IP origen
 - Resultado (éxito/falla, datos retornados)
- Storage: Blockchain o base de datos append-only.
- Retención: 7 años mínimo.

Detección de Anomalías (Machine Learning):

- Acceso inusual (p. ej., médico de cardiología accediendo a 1,000 pacientes en 5 minutos).
- Acceso a datos de familiares/amigos (potencial violación de privacidad).
- Geolocalización inconsistente (login desde 2 ciudades en 10 minutos).
- Alertas automáticas si se detectan patrones sospechosos.



V. Implementación y Adopción

Hoja de Ruta de Implementación por Fases

La implementación de la estrategia nacional de salud digital se ejecutará a través de una hoja de ruta progresiva y adaptativa, diseñada para mitigar los riesgos, entregar valor clínico temprano, generar buy-in y asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

Este plan se estructura en tres fases macroscópicas (2025-2030) que abarcan desde la construcción de los cimientos hasta la consolidación y madurez del ecosistema, con hitos específicos, criterios de salida y estimados de presupuesto.

Fase I: Fundamentos y Pilotos

Visión de la Fase:

Establecer las bases técnicas, normativas, operativas y de gobernanza indispensables para la interoperabilidad, mediante un MVP funcional de la PNI, pilotos institucionales cuidadosamente seleccionados, y marcos regulatorios actualizados. El énfasis está en la demostración de viabilidad, generación de confianza política y captura temprana de lecciones aprendidas.

Objetivo y Justificación

- MVP de PNI funcional: Demostrar que sistemas heterogéneos pueden intercambiar datos clínicos de forma segura y significativa.
- Piloto en instituciones clave: Validar flujos de trabajo con IMSS, ISSSTE, IMSS-Bienestar, etc, en zonas geográficas específicas.
- Estándares publicados: FHIR-MX v0.9 disponible para que terceros desarrollen integraciones.
- Marco legal actualizado: Normativas modernizadas con requisitos de transformación digital e interoperabilidad.

Hitos y Entregables Clave

Hito 1.1 : Lanzamiento MVP PNI

- Plataforma Nacional de Interoperabilidad (PNI) - Producto Mínimo Viable:
 - Despliegue en infraestructura cloud de AWS/Azure/nacional.
 - API Gateway FHIR R4 con endpoints para recursos esenciales: Patient, Encounter, Observation, DiagnosticReport, MedicationRequest.
 - Registro Maestro Nacional de Pacientes (RMNP) con:
 - Master Patient Index basado en CURP.
 - Sincronización con RENAPO para identidad.

- Deduplicación automática (<1% duplicados).
- Sistema de Auditoría Inmutable: Log centralizado de todas las transacciones (quién accedió, qué dato, cuándo).
- Directorio de Endpoints: Registro de dónde están alojados los servicios FHIR de cada institución.
- Disponibilidad inicial: 99.5% SLA.
- Capacidad Técnica:
 - 10,000 req/min en pico.
 - Latencia <2 segundos p95.
 - Sincronización de datos near-real-time (<1 segundo para cambios críticos).
- Seguridad Base:
 - TLS 1.3+, mTLS para sistema-a-sistema.
 - OAuth 2.0 con integración inicial a Llave MX.
 - Cifrado AES-256 para datos en reposo.
 - Cumplimiento de NIST CSF 2.0 Tier 1-2.

Hito 1.2 : FHIR-MX v0.9 Beta

- Guía de Implementación FHIR-México (FHIR-MX) Versión 0.9:
 - Perfiles de recursos críticos: Patient-MX, Encounter-MX, Observation-MX-Lab, Condition-MX, Medication-MX, MedicationRequest-MX, DiagnosticReport-MX.
 - Value Sets para SNOMED CT, LOINC, RxNorm (mapeos iniciales).
 - Conformance Profile especificando requisitos de implementación.
 - 50+ ejemplos concretos de instancias FHIR para casos mexicanos.
 - Documentación de extensiones nacionales (Cédula Profesional, institución de afiliación).
- Banco de Pruebas (Sandbox) FHIR-MX:
 - Ambiente espejo de producción para desarrolladores.
 - 50,000 pacientes ficticios con datos clínicos realistas.
 - Validador FHIR-MX online (sube JSON/XML, obtén feedback instantáneo).
 - Postman Collection precargada con 30+ casos de uso.
 - API Tester visual sin necesidad de código.
 - Acceso gratuito sin límite de requests (sandbox goal: 1,000,000 req/mes).
- Documentación:
 - Tutorial step-by-step para implementadores.
 - Troubleshooting guide con casos comunes.
 - Videoguías (3-5 minutos cada una).

Hito 1.3: Portal de Salud Beta

- Versión Beta del Portal Ciudadano:
 - Autenticación: CURP + Biometría (huella/iris) O SMS OTP.
 - Vistas del Expediente:
 - Resumen de Salud: alergias, grupo sanguíneo, condiciones crónicas.
 - Historial de Consultas: últimas 12 meses, instituciones visitadas.
 - Resultados de Laboratorio: últimos 60 días, por institución.
 - Medicamentos Activos: consolidados de todas las instituciones.
 - Vacunaciones: registro completo desde la infancia.
 - Gestión de Consentimientos: Dashboard visual de qué instituciones tienen acceso a qué datos.
 - Portabilidad: Descargar expediente en FHIR JSON, PDF, CSV.
 - Notificaciones: Alertas de nuevos resultados, medicamentos pendientes.
 - Disponibilidad: Web + Apps iOS/Android.
 - Meta de usuarios registrados: 1 millón para fin de 2025.

Hito 1.4: Marco Jurídico Actualizado

- Borrador NOM-024-SSA3-2012 Actualizada:
 - Incorpora FHIR R4 como estándar (además de mantener soporte transitorio para HL7 v2).
 - Define requisitos de interoperabilidad técnica, semántica, organizacional.
 - Especifica auditoría y conformidad.
 - Publicación en DOF para consulta pública (30 días).
- Lineamientos de Receta Electrónica:
 - Marco operativo para receta electrónica nacional.
 - Mecanismos de firma electrónica avanzada.
 - Publicado por COFEPRIS en coordinación con SSA.

Hito 1.5 : Pilotos en 5 Instituciones Clave

- Selección de Sitios Piloto en Hospital de 1er nivel, Hospital privado, Farmacia y consultorio anexo a farmacia .
- Piloto Clínico:
 - Integración de Laboratorio: Órdenes y resultados de laboratorio..
 - Integración de Imaging: Reportes radiológicos estructurados, acceso a imágenes DICOM.
 - Referencia Interhospitalaria: Envío de resumen clínico usando FHIR.
 - Métricas:
 - 100 referencias entre hospitales/mes.
 - Tiempo de acceso a datos previos en urgencias: <5 minutos.

- Satisfacción de clínicos: >70%.
- Piloto Rural:
 - Conectividad por satélite (offline-first, sincronización asincrónica).
 - Registro de pacientes con CURP biométrica.
 - Telemedicina para consulta especializada con hospital de referencia.
 - Métricas:
 - 80%+ acceso a expediente histórico.
 - Teleconsultas facilitadas: 50+/mes.

Hito 1.6: Certificación de Sistemas ECE

- Programa de Certificación Nivel Básico:
 - ECEs de instituciones piloto pasan auditoría:
 - Conformidad FHIR R4 (validación automática).
 - Seguridad: TLS, autenticación, cifrado.
 - Auditoría: logs inmutables.
 - Certificación: Sello oficial "Conforme a FHIR-MX".

Hito 1.7: Evaluación y Ajustes

- Evaluación de Fase I:
 - ¿MVP PNI alcanzó 99.5% uptime? ✓
 - ¿95%+ de mensajes pilotos conformes a FHIR-MX? ✓
 - ¿Lecciones aprendidas capturadas? Documento de 50+ páginas.
 - ¿Proyecciones de ROI validadas?
- Decisión de Continuidad:
 - Si cumple criterios: Adelante a Fase II con presupuesto aumentado.
 - Si no: Fase de 6 meses de estabilización antes de expandir.

Fase II: Escalamiento Nacional y Casos de Valor (2027 – 2029)

Visión de la Fase

Con los cimientos establecidos, esta fase se enfoca en la expansión nacional de la PNI, demostración de impacto clínico y económico, e implementación de flujos de trabajo de alto valor (receta electrónica, telemedicina integrada, referencias interinstitucionales fluidas). La meta es que 80%+ del sector público esté conectado y 50%+ de las prescripciones sean digitales.

Hitos y Entregables Clave

Hito 2.1: Expansión a Entidades Federativas

- Fase 2a (Q1-Q2 2027): Grupo 1 – Entidades de Alta Capacidad:
 - CDMX, Jalisco, Nuevo León, Guanajuato, Veracruz..

- Capacidad técnica existente, liderazgo político comprometido.
- Conexión obligatoria de hospitales generales y laboratorios.
- Objetivo: 100% de establecimientos de 2º/3er nivel conectados.
- Fase 2b: Grupo 2 – Entidades Medianas:
 - Coahuila, Sonora, Chihuahua, Baja California, Yucatán, Oaxaca.
 - Soporte técnico intensivo de DGMoSS (viajes, capacitación in situ).
 - Meta: 80% de establecimientos conectados.
- Fase 2c: Grupo 3 – Entidades de Menor Capacidad:
 - Campeche, Nayarit, Tlaxcala, Colima, Durango, etc.
 - Modelos alternativos de conectividad (satélite, 4G móvil).
 - Meta: 60% de establecimientos conectados.
- Infraestructura por Entidad:
 - Nodo estatal de PNI replicado.
 - Almacenamiento local de datos sensibles (compliance LGPDPPSO).
 - Sincronización con PNI nacional cada 30 minutos.

Hito 2.2: Receta Electrónica Nacional Fase 1

- Lanzamiento Receta Electrónica (Cuadro Básico):
 - Catálogo de 300+ medicamentos del cuadro básico de la SS.
 - Flujo:
 1. Médico emite MedicationRequest en ECE.
 2. Sistema genera receta FHIR + QR criptográfico.
 3. Receta enviada a farmacia vía PNI.
 4. Farmacéutico valida firma digital.
 5. Dispensa medicamento.
 6. Confirmación registrada en ECE del paciente.
 - Seguridad: Firma electrónica avanzada, encriptación end-to-end.
 - Participantes iniciales: IMSS (50,000+ farmacias), ISSSTE (3,000+ farmacias), privadas adheridas (1,000+).
 - Meta: 50%+ de prescripciones ambulatorias digitales.

Hito 2.3 : Telemedicina Integrada

- Integración de Consultas Remotas en ECE:
 - Plataformas de telemedicina se integran con PNI.
 - Consulta remota genera Encounter FHIR registrado automáticamente en ECE del paciente.
 - Prescripciones de telemedicina fluyen a farmacia digitalmente.
 - Diagnósticos en telemedicina disponibles para el próximo proveedor.
 - Cumplimiento: NOM-024 actualizada requiere que telemedicina genere registros interoperables.

- Despliegue Nacional:
 - IMSS: 10,000 teleconsultas/día (2027).
 - ISSSTE: 3,000 teleconsultas/día.
 - Sector privado: 5,000 teleconsultas/día.
 - Meta: 100,000 teleconsultas/mes registradas en PNI.

Hito 2.4: Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) Sectorial

- Establecimiento de SOC 24/7:
 - Personal: 25 especialistas en ciberseguridad en salud.
 - Funciones:
 - Monitoreo continuo de PNI y sistemas conectados.
 - Detección de anomalías (ML-powered).
 - Respuesta a incidentes (<1 hora para alertas críticas).
 - Análisis de logs de auditoría.
 - Cumplimiento normativo (NIST CSF 2.0 Tier 2-3).
 - Ubicación: Datos center principal de PNI.
 - Inversión: 180 MXN millones/año.

Hito 2.5: Certificación ISO 27001

- PNI obtiene certificación ISO/IEC 27001:2022:
 - Auditoría externa anual.
 - Revisión continua de controles de seguridad.
 - Incidentes públicos reportados dentro de 72 horas.
 - Meta: Cero brechas mayores (>10,000 registros expuestos).

Hito 2.6: Expansión de Laboratorios e Imagenología

- Integración Nacional de Laboratorios:
 - 3,500+ laboratorios privados y públicos conectados.
 - Órdenes FHIR: Médico ordena, PNI enruta a laboratorio.
 - Resultados FHIR con LOINC: Códigos estándar de pruebas.
 - Validación de rangos normales por edad/sexo.
 - Meta: 95%+ de laboratorios interoperables.
 - Beneficio: Eliminación de duplicados de pruebas (~30%).
- Integración Nacional de Imagenología:
 - 800+ equipos PACS (radiología, tomografía, RMN) interconectados.
 - Reportes FHIR DiagnosticReport + imágenes DICOM vía DICOMweb.
 - Acceso remoto a imágenes desde cualquier institución autorizada.
 - Radiología AI integrada: IA asiste en lectura de radiografías.
 - Meta: 85%+ de imágenes digitalmente disponibles en <30 minutos.

Fase III: Consolidación, Analítica y Madurez (2030 – 2033)

Visión de la Fase:

La fase final busca la consolidación del ecosistema a nivel nacional, aprovechamiento ético de datos para vigilancia poblacional e investigación, logro de madurez operativa y seguridad, e impacto demostrable en salud pública. Meta: 130 millones de ciudadanos con expediente interoperable, 95%+ de prescripciones digitales, y sistema funcionando con máxima eficiencia y seguridad.

Hitos y Entregables Clave

Hito 3.1: Cobertura Plena y Adhesión Privada

- Cobertura Sector Público: 100%
 - Todos los establecimientos IMSS, ISSSTE, IMSS-Bienestar, SSA conectados.
 - Pequeños hospitales rurales con conectividad offline-first.
 - 130 millones de ciudadanos con expediente interoperable.
- Adhesión Voluntaria Sector Privado:
 - Hospitales privados (200+): Conexión incentivada.
 - Clínicas especializadas (500+): Integración facilitada.
 - Consultorios anexos a farmacias (10,000+): Acceso simplificado.
 - Meta: 30%+ del sector privado conectado.

Hito 3.2: Lago de Datos Federado

- Arquitectura Federada para Analítica:
 - Datos clínicos permanecen en instituciones de origen.
 - Queries analíticas se distribuyen a nodos locales.
 - Resultados agragados en PNI sin centralizar datos sensibles.
 - Cumplimiento: LGPDPSO, Ley de Protección de Datos.
- Casos de Uso Analítico:
 - Vigilancia Epidemiológica: COVID-19, dengue, tuberculosis detectados en tiempo real.
 - Gestión de Medicamentos: Identificar sobrescripciones de antibióticos, interacciones.
 - Equidad en Salud: Comparar tasas de mortalidad entre entidades, identificar factores.
 - Investigación Epidemiológica: Estudios de cohorte con 10+ millones de pacientes.
- Marco de Gobernanza:
 - "Licencias por Interés Público": Investigadores, autoridades de salud pública pueden acceder a datos anonimizados.
 - Consentimiento Colectivo: Comunidades autorizan uso de datos para salud pública.

- Comité de Ética: Revisión de solicitudes de acceso a datos.

Hito 3.3: Receta Electrónica Fase 2 (Medicamentos Controlados)

- Extensión a Medicamentos Controlados:
 - Integración con COFEPRIS para registro de consumo.
 - Mecanismos de seguridad reforzados: Biometría del paciente, verificación en línea.
 - Prevención de duplicación de prescripciones (búsqueda en PNI nacional).
 - Rastreo de medicamentos desde farmacéutica → farmacia → paciente.
 - Cumplimiento: Convención de Naciones Unidas sobre Sustancias Psicotrópicas.

Hito 3.4: Madurez en Ciberseguridad (NIST CSF 2.0 Tier 3)

- Niveles de Madurez NIST CSF 2.0:
 - Tier 1 (Reactivo): Respuesta post-incidente.
 - Tier 2 (Preventivo): Políticas definidas.
 - Tier 3 (Proactivo): Gestión integrada, métricas continuas..
 - Tier 4 (Adaptativo): Respuesta automática, aprendizaje continuo.
- Acciones para Alcanzar Tier 3:
 - Evaluaciones de riesgo anuales para cada institución.
 - Pruebas de penetración por terceros independientes (red team).
 - Análisis de malware y patrones de ataque.
 - Automatización de respuesta a incidentes menores.
 - Auditorías internas mensuales, externas trimestrales.
- Indicadores de Éxito:
 - <1 brecha de seguridad por 10 millones de transacciones.
 - Tiempo promedio de remediación: <24 horas.
 - 100% de personal con certificación ciberseguridad anual.

Hito 3.5: Innovación y IA/ML Integrada

- Inteligencia Artificial Clínica:
 - Diagnóstico Asistido por IA: Modelos entrenados con datos FHIR de millones de pacientes.
 - Radiología: IA detecta lesiones con 99%+ precisión.
 - Patología: IA analiza muestras histológicas.
 - EHR NLP: Extracción automática de diagnósticos de notas clínicas no estructuradas.
 - Predicción de Riesgos: Algoritmos identifican pacientes con alto riesgo de descompensación (diabetes, hipertensión).
 - Gestión de Medicamentos: Recomendaciones de dosis personalizadas según peso, edad, insuficiencia renal.

- Privacidad-Preservante (Federated Learning):
 - Modelos entrenados en datos locales sin centralizar información sensible.
 - Solo gradientes de modelos se intercambian entre nodos.
 - Cumplimiento: LGPDPPSO, privacidad diferencial.

Desarrollo de Capacidades y Fuerza Laboral

La tecnología por sí sola no genera transformación. Es indispensable un programa masivo, sostenido y diferenciado de desarrollo de competencias para profesionales de la salud, personal de TI, administradores, y ciudadanía en general. La OMS estima que cambio de cultura organizacional en salud requiere inversión equivalente a 20-30% del presupuesto tecnológico.

Alfabetización Digital para Personal Clínico: Programa Nacional de Alfabetización Digital en Salud (PNADIS)

Se implementará un programa estructurado, acreditado y con trayectorias diferenciadas por rol y especialización:

Nivel 1: Alfabetización Básica (40 horas)

Audiencia: Médicos generales, enfermeras, personal administrativo de hospitales.

Objetivos:

- Usar eficientemente el ECE: navegación, entrada de datos, búsqueda de información.
- Comprender flujos de trabajo digitales y su impacto en la atención.
- Principios básicos de seguridad de la información y protección de datos.
- Manejo del portal de salud desde la perspectiva profesional.

Contenidos:

- Módulo 1 (8h): Introducción al ECE y FHIR (conceptos no técnicos).
- Módulo 2 (8h): Flujos de trabajo: ingreso de paciente, orden de pruebas, registro de resultados.
- Módulo 3 (8h): Seguridad y confidencialidad: acceso a datos, auditoría, consecuencias de violaciones.
- Módulo 4 (8h): Consentimiento del paciente, portabilidad, derechos digitales.
- Módulo 5 (8h): Troubleshooting básico, contactos de soporte.

Nivel 2: Alfabetización Intermedia (80 horas)

Audiencia: Médicos especialistas, coordinadores de calidad, líderes de servicio clínico, personal de informática clínica.

Objetivos:

- Entender principios de interoperabilidad y estándares FHIR/HL7 en contexto clínico.
- Usar datos clínicos interoperables para toma de decisiones (ej.: comparar resultados de diferentes laboratorios).
- Participar en diseño de procesos clínicos optimizados para digital.
- Interpretación de métricas y KPIs de calidad.

Contenidos:

- Módulo 1 (12h): Estándares clínicos: FHIR, SNOMED CT, LOINC, ICD-11 (no técnico).
- Módulo 2 (12h): Interoperabilidad organizacional: flujos referencia/contrarreferencia, acuerdos de calidad.
- Módulo 3 (16h): Analytics y BI: cómo acceder a datos agregados, creación de reportes.
- Módulo 4 (16h): Mejora de procesos: rediseño de flujos para aprovechar datos digitales.
- Módulo 5 (12h): Ciberseguridad avanzada: cifrado, auditoría, manejo de incidentes.
- Módulo 6 (12h): Ética en datos de salud: consentimiento, privacidad, equidad.

Nivel 3: Alfabetización Avanzada (120 horas)

Audiencia: Investigadores clínicos, epidemiólogos, especialistas en informática médica, gestores de TI en salud, tomadores de decisiones.

Objetivos:

- Diseño de estudios que aprovechan datos FHIR interoperables.
- Analítica avanzada: machine learning, big data, análisis poblacional.
- Gobernanza de datos: consentimiento colectivo, uso secundario ético.
- Innovación: IA, telemedicina, precisión.

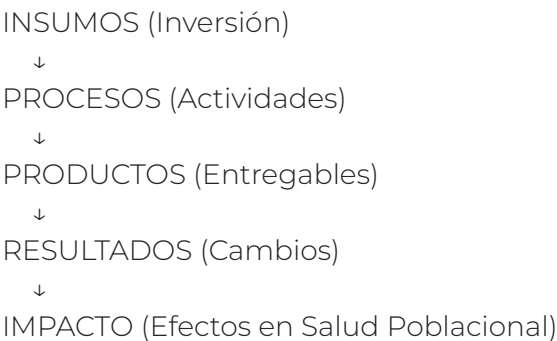
Contenidos:

- Módulo 1 (15h): Minería de datos de salud: extracción, limpieza, validación.
- Módulo 2 (20h): Machine Learning para predicción clínica: riesgos de reingreso, mortalidad.
- Módulo 3 (20h): Análisis causal: identificación de factores determinantes en salud.
- Módulo 4 (15h): Privacidad-preservante: federated learning, differential privacy.
- Módulo 5 (15h): Ética en investigación con datos: consentimiento, equity, bias.
- Módulo 6 (20h): Casos de estudio: vigilancia COVID-19, tuberculosis, equidad.
- Módulo 7 (15h): Presentación de proyectos y defensa.

Monitoreo, Evaluación y KPIs

Un marco robusto de Monitoreo y Evaluación (M&E) es esencial para medir progreso, demostrar valor de inversión, facilitar mejora continua, y asegurar accountability ante ciudadanía. Este marco se basa en Teoría de Cambio clara y se alinea con metodologías de OMS, Banco Mundial, y PAHO.

Marco Conceptual: Lógica de Cambio



Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Se implementará un Tablero Nacional de Interoperabilidad en Salud de acceso público en <https://tablero.pni.gob.mx> , actualizado diariamente, con segmentación por entidad federativa, nivel de atención, y variables demográficas para medir equidad.

Indicadores de Cobertura (Infraestructura)

KPI	Código	Definición	Meta 2026	Meta 2028	Meta 2030
% Establecimientos conectados a PNI	COB-001	(Establecimientos con API FHIR activa / Total establecimientos) x 100	20%	80%	95%
% Médicos usando ECE interoperable	COB-002	(Médicos con sesión activa en 30 días últimos / Total médicos) x 100	30%	75%	95%

% Población registrada en RMNP	COB-003	(Ciudadanos con CURP en RMNP / Población total) x 100	40%	75%	98%
% Laboratorios intercambiando datos	COB-004	(Laboratorios enviando resultados FHIR / Total laboratorios) x 100	25%	80%	90%
Disponibilidad PNI (Uptime)	COB-005	(Horas disponibles / Total horas) x 100	99.5%	99.8%	99.95%

Indicadores de Proceso (Adopción Clínica)

KPI	Código	Definición	Meta 2026	Meta 2028	Meta 2030
% Consultas con expediente interoperable disponible	ADO-001	(Consultas donde médico accedió a datos previos / Total consultas) x 100	25%	75%	90%
% Prescripciones digitales	ADO-002	(Prescripciones FHIR / Total prescripciones) x 100	10%	60%	95%
% Teleconsultas registradas en PNI	ADO-003	(Encuentros de telemedicina con registro FHIR / Total teleconsultas) x 100	20%	80%	95%

% Referencias con resumen clínico digital	ADO-004	(Referencias con FHIR Composition enviada / Total referencias) x 100	15%	70%	85%
Tiempo promedio acceso historial en urgencias	ADO-005	Tiempo desde login hasta visualización de datos previos (minutos)	<10 min	<5 min	<3 min

Indicadores de Resultado (Impacto Clínico0

KPI	Código	Definición	Meta 2026	Meta 2028	Meta 2030
Reducción de estudios duplicados	RES-001	(1 - Pruebas duplicadas 2025 / Pruebas duplicadas 2025) x 100	15%	35%	50%
Reducción de errores de medicación	RES-002	(1 - Errores 2025 / Errores 2025) x 100	10%	25%	40%
Tiempo de diagnóstico reducido	RES-003	Promedio de días desde síntoma inicial a diagnóstico confirmado	-5 días	-15 días	-25 días
Satisfacción de profesionales de salud	RES-004	% que reportan "satisfecho" o "muy satisfecho" con ECE (encuesta anual)	50%	75%	85%

Satisfacción de pacientes (portal)	RES-005	% usuarios activos del portal "Mi Salud México" en últimos 30 días	5%	30%	50%
------------------------------------	---------	--	----	-----	-----

Indicadores de Impacto (Salud Poblacional)

KPI	Código	Definición	Meta 2026	Meta 2028	Meta 2030
Reducción de mortalidad hospitalaria	IMP-001	Tasa de mortalidad hospitalaria/1,000 egresos (reducción respecto a 2025)	-5%	-15%	-25%
Reducción de infecciones cruzadas	IMP-002	Tasa de infecciones nosocomiales/1,000 egresos (reducción)	-10%	-30%	-40%
Cobertura de vacunación mejorada	IMP-003	% población con esquema completo de vacunación	+3%	+8%	+12%
Equidad en acceso	IMP-004	Brecha en % de expedientes digitales entre entidad con mayor y menor cobertura	-20%	-50%	-70%

Indicadores de Seguridad y Privacidad

KPI	Código	Definición	Meta 2026	Meta 2028	Meta 2030
-----	--------	------------	-----------	-----------	-----------

Incidentes de ciberseguridad	SEG-001	# brechas de seguridad con $\geq 1,000$ registros expuestos / año	<2	<1	0
Tiempo de remediación promedio	SEG-002	Horas desde detección de vulnerabilidad a patch aplicado	<72h	<48h	<24h
Cumplimiento normativo de auditoría	SEG-003	% de instituciones que pasan auditoría anual de protección de datos	70%	90%	98%
Incidentes de violación de consentimiento	SEG-004	# accesos no autorizados a datos clínicos detectados/año	<100	<20	<5

Modelo de Madurez Digital en Salud

Complementario a los KPIs, se utilizará un Modelo de Madurez para evaluar la evolución de capacidades institucionales:

Dimensiones de Madurez

Dimensión	Nivel 1: Inicial	Nivel 2: Definido	Nivel 3: Gestionado	Nivel 4: Optimizado
Gobernanza	Ad hoc	Políticas documentadas	Revisión periódica	Mejora continua automática
Tecnología FHIR	No implementado	APIs piloto	Producción, >80% conformidad	Producción, >99% conformidad

Datos	Silos	Integración manual	Automática, validada	Federada, IA-optimizada
Seguridad	Básica (Tier 1)	Proactiva (Tier 2)	Integrada (Tier 3)	Adaptativa (Tier 4)
Talento	Capacitación ad hoc	Certificación inicial	Recertificación anual	Programas avanzados

VI. Estudios de Caso y Aplicaciones

Estudios de Caso Nacionales e Internacionales

La transformación digital del sector salud es un desafío global complejo que combina retos técnicos, organizacionales, políticos y culturales. El análisis de experiencias internacionales ofrece lecciones valiosas sobre factores de éxito, errores comunes y contextos críticos, permitiendo a México adaptar las mejores prácticas a su realidad única—combinando la ambición de transformación con la pragmática de implementación en un sistema federal fragmentado.

Esta sección analiza cuatro modelos internacionales de máxima relevancia para México, extrayendo lecciones clave que informan la estrategia nacional.

Estonia:

Contexto y Visión

Estonia es un referente mundial en transformación digital del sector público y salud digital. Desde su independencia en 1991, enfrentó la necesidad urgente de construir instituciones modernas sin infraestructura heredada. Esta restricción se convirtió en oportunidad: Estonia decidió construir "desde cero" un ecosistema digital centrado en la seguridad, la descentralización y la confianza ciudadana.

Pilar Central: X-Road (Intercambio de Datos Seguro y Descentralizado)

X-Road es una infraestructura nacional de intercambio de datos que conecta >800 organizaciones públicas y privadas (incluyendo hospitales, farmacias, aseguradoras, gobierno).

Características Técnicas:

- Arquitectura Descentralizada: Cada organización mantiene sus datos; X-Road es solo el bus de comunicación.
- Seguridad Fuerte: Cifrado AES-256, firmas digitales, autenticación multifactor obligatoria.
- Auditoría Inmutable: Todo acceso es registrado; ciudadanos pueden ver quién accedió a sus datos (transparencia radical).
- APIs REST/SOAP: Interoperabilidad técnica mediante estándares abiertos.

Implementación en Salud:

- 99% de datos de salud digitalizados desde 2008.
- Ciudadanos acceden a su expediente completo 24/7 mediante portal e-Health.
- Receta electrónica obligatoria desde 2010; farmacias pueden consultar automáticamente.
- Laboratorios, imaging, especialistas—todos intercambian datos a través de X-Road.

Liderazgo Político Sostenido:

- Uno de los factores críticos de éxito fue el compromiso político bipartidista que trasciende ciclos electorales.
- Gobierno trata la transformación digital como infraestructura nacional crítica, análogo a carreteras o electricidad.
- Leyes de privacidad y seguridad aprobadas durante gobiernos de diferentes partidos, manteniendo continuidad.

Confianza Ciudadana:

- Encuestas muestran 80%+ confianza pública en e-Health.
- Ciudadanos pueden ejercer auditoría de acceso: notificación automática cuando alguien consulta sus datos.
- Casos de acceso no autorizado resultan en procesamiento criminal.

Resultados Clínicos y Operacionales

- Mortalidad evitable: Reducción 15-20% atribuida a diagnósticos más rápidos.
- Errores de medicación: Reducción 40% por detección de interacciones.
- Satisfacción ciudadana: 85%+ usuarios portal.
- Eficiencia: Proceso de derivación reducido de 2-3 semanas a 1-2 días.

Lecciones Clave para México

Lección	Aplicabilidad a México	Adaptación Necesaria
Liderazgo político sostenido	Muy alta	Requiere compromiso multipartidista a nivel federal
Arquitectura descentralizada	Alta	Alinea con federalismo mexicano
Transparencia radical (auditoría ciudadana)	Media-Alta	Requiere cambio cultural y protecciones contra represalias
Adopción de estándares abiertos	Alta	FHIR-MX alineado con principios de X-Road

Seguridad como prioridad central	Muy alta	NIST CSF 2.0, ISO 27001 obligatorios
----------------------------------	----------	--------------------------------------

Dinamarca: Interoperabilidad en Sistema Descentralizado (MedCom)

Contexto

Dinamarca, con ~5.8 millones de habitantes y un sistema de salud altamente descentralizado (regiones y municipios con autonomía), logró alta interoperabilidad a pesar de la fragmentación estructural. Clave: MedCom, la red nacional de comunicación en salud establecida en 1994

MedCom: Gobernanza Colaborativa en Escala

Organización:

- Consorcio público-privado de hospitales, municipios, farmacias, aseguradoras.
- Financiamiento mixto: 40% fondos públicos, 40% cuotas de miembros, 20% servicios complementarios.
- Gobernanza: Junta directiva con representantes de todos sectores.

Estandarización Pragmática:

- En lugar de imponer un estándar único desde arriba, MedCom consensuó estándares para casos de uso de máximo valor clínico, comenzando con:
 - Mensajería clínica (referrals, consultas)
 - Órdenes de laboratorio
 - Resultados de laboratorio
 - Recetas médicas

Capacidad Actual (2024):

- 80+ millones de mensajes clínicos anuales procesados por MedCom.
- 150+ tipos de mensajes estandarizados para flujos clínicos.
- 500+ organizaciones conectadas.
- Uptime: 99.95% (confiabilidad crítica para emergencias).

Modelo de Mensajería: EDIFACT, HL7 v2, Migración a FHIR

Evolución:

- 1994-2010: EDIFACT (formato estructurado para mensajes).
- 2010-2025: HL7 v2.x (estándar clínico de facto en Dinamarca).
- 2025+: Transición a FHIR (más flexible, compatible con ecosistema global).

Ventaja del Enfoque Gradual:

- Dinamarca no forzó cambios disruptivos; permitió coexistencia transitoria de estándares.

- Organizaciones migran a FHIR cuando están listas, sin presión artificial de fechas límite.

Financiamiento Sostenible

- Cuota anual por organización: 5,000-50,000 EUR según tamaño/tipo.
- Servicios adicionales (auditoría, análisis, capacitación) generan ingresos.
- Fondos públicos aseguran accesibilidad para pequeños hospitales rurales.
- Modelo es auto-sostenible después de inversión inicial.

Resultados

- Reducción de errores administrativos: 30-40%.
- Tiempo de referencia reducido: de semanas a 24-48 horas.
- Satisfacción de clínicos: 75%+ encuentran valor en interoperabilidad.
- Soporte a vigilancia: durante COVID-19, MedCom facilitó rastreo rápido de brotes.

Lecciones para México

Lección	Aplicabilidad	Adaptación
Gobernanza colaborativa (no autoritaria)	Muy alta	Modelo DGMOSS como facilitador, no dictador
Financiamiento mixto público-privado	Alta	70% público, 30% multilaterales/privado para México
Estandarización pragmática (casos de uso prioritarios)	Muy alta	Comenzar con laboratorio, recetas, referencias
Coexistencia temporal de estándares	Alta	HL7 v2 + FHIR simultáneamente durante transición
Escalabilidad gradual	Muy alta	Fases I-III reflejan este enfoque

Reino Unido: Lecciones del Fracaso (NPfIT) y Éxito Posterior (NHS Digital)

Contexto: El Proyecto Catastrófico NPfIT (2002-2011)

El Programa Nacional para Tecnología de TI (NPfIT) es una de las iniciativas de e-health más ambiciosas—y fallidas—en la historia.

Características:

- Costo inicial presupuestado: £6.8 billones (2002).
- Costo final: ~£11-12 billones (después de cancelación parcial).
- Tiempo total: 9 años para cancelación.
- Objetivo: Único sistema de historias clínicas electrónicas para 50 millones de ciudadanos.

Razones del Fracaso:

1. Ambición Desmedida (Big Bang): Intentar reemplazar simultáneamente todos los sistemas legacy en el NHS (200+ hospitales) con un monolito único.
2. Especificaciones Complejas: Requisitos técnicos bloated; EHR debía ser "todo para todos" lo que hizo el software inflexible.
3. Falta de Participación Clínica: Médicos no fueron consultados en diseño; el software no reflejaba workflows reales.
4. Dependencia Tecnológica Única: Contrato único con Cerner; sin opciones de cambio cuando el software falló.
5. Rechazo Clínico: Médicos rechazaban el sistema por ser lento, poco intuitivo, no mejoraba atención.

Resultado:

- Cancelado en 2011 con mínimo valor entregado.
- NHS debió volver a sistemas legacy heredados.
- Costo de oportunidad enorme: recursos que pudieron destinarse a atención clínica.

Éxito Posterior: NHS Digital (2013-2025)

De las cenizas del NPfIT, NHS Digital emergió con estrategia radicalmente diferente:

Cambios Fundamentales:

1. Enfoque Modular (No Monolítico): Múltiples sistemas pueden coexistir; compatibilidad vía APIs.
2. APIs Abiertas, Estándares FHIR: En lugar de un EHR central, NHS expone APIs FHIR que terceros pueden integrar.
3. Participación Clínica Activa: Médicos y enfermeras diseñan especificaciones; ellos son owners del cambio.
4. Plural de Proveedores: Múltiples vendors compiten; NHS mantiene independencia tecnológica.

5. Ciudadanos como Prioridad: NHS App (portal ciudadano) es el punto de entrada; integra citas, recetas, resultados, recomendaciones.

Implementación de NHS Digital:

- NHS App (Portal Ciudadano):
 - Lanzado 2019; 15+ millones de descargas (30%+ población).
 - Funciones: acceso a registros, citas, prescripciones repetibles, solicitud de servicios.
 - Integración con múltiples hospitales/clínicas sin sistema central monolítico.
- FHIR API Estándares:
 - NHS Define FHIR Implementation Guide (IG).
 - Hospitales implementan APIs conforme a IG.
 - Terceros desarrollan apps que consumen APIs.
- Programa "NHS API Ecosystem":
 - Sandbox para desarrolladores.
 - Documentación extensiva.
 - 100 apps terceras construidas sobre APIs NHS.

Resultados

- Adopción ciudadana: 30%+ de población usa NHS App regularmente.
- Eficiencia: Reducción de papel, automatización de procesos administrativos.
- Flexibilidad: Hospitales pueden actualizar sistemas sin sincronización central.
- Innovación: Startups desarrollan aplicaciones de salud aprovechando APIs abiertas.

Lecciones Críticas para México

Lección	Aplicabilidad	Adaptación
Evitar Big Bang: Modular, federado, gradual	Crítica	Hoja de ruta Fases I-III refleja esto
Participación Clínica desde Inicio:Co-diseño	Crítica	Clínicos en diseño de FHIR-MX, pilotos
APIs Abiertas, Múltiples Vendors:Independencia	Muy alta	PNI como infraestructura pública; sistemas privados compiten

Ciudadanos como Centro: Portal accesible	Muy alta	"Mi Salud México" prioridad Fase I
Transparencia sobre Fallos:Aprender de NPfIT	Alta	Comunicación clara de lecciones aprendidas

Brasil: Transformación Digital a Gran Escala en Contexto Latinoamericano (RNDS)

Contexto

Brasil, con 130+ millones de habitantes, sistema de salud federal (SUS), y fragmentación comparable a México, enfrentaba desafíos similares: silos de datos, falta de interoperabilidad, inequidad en acceso. En 2020, Brasil lanzó la Red Nacional de Datos en Salud (RNDS). RNDS: Arquitectura Nacional Obligatoria en FHIR

Decisión Estratégica Crítica:

- FHIR fue adoptado como estándar obligatorio desde el inicio (no transición gradual).
- Todas las instituciones de salud (pública, privada, suplementaria) deben conectarse.
- Gobernanza: Ministerio de Salud + ANVISA + operador técnico (empresa estatal).

Capacidad Actual (2024):

- 30,000+ unidades de salud conectadas (hospitales, clínicas, laboratorios, farmacias).
- 300+ millones de eventos/año procesados.
- Cobertura: 80%+ de la población brasileña.

Catalizador: COVID-19

La pandemia aceleró dramáticamente la adopción:

- Vigilancia en tiempo real: RNDS facilitó rastreo de casos COVID-19, variantes, impacto en hospitalizaciones.
- Coordinación Nacional: Ministerios, estados, municipios compartían datos de forma estandarizada.
- Investigación: Datos de RNDS usado para estudios epidemiológicos sobre efectividad de vacunas, tratamientos.

Resultado: RNDS probó su viabilidad bajo presión extrema; ahora es piedra angular de salud pública brasileña.

Desafíos Superados

1. Resistencia de Sistemas Legacy: Instituciones con ECEs antiguos debieron adaptar o reemplazar. Solución: Período de transición de 2-3 años, soporte técnico nacional.

2. Disparidades de Capacidad Técnica: Hospitales privados grandes vs. clínicas rurales. Solución: RNDS proporciona especificaciones claras; terceros desarrollan soluciones adaptadas.
3. Datos de Pobre Calidad: Mucho ruido en datos históricos. Solución: Validación automática en punto de envío; rechazo de datos no conformes.
4. Privacidad y Consentimiento: Desafíos legales sobre compartición de datos. Solución: Marco de privacidad en ley de protección de datos (Lei Geral de Proteção de Dados - LGPD), consentimiento explícito.

Resultados y Beneficios Observados

- Vigilancia Epidemiológica: Detección de brotes en tiempo real (meningitis, dengue, COVID-19).
- Gestión de Medicamentos: Identificación de faltantes de medicamentos en tiempo real durante crisis.
- Investigación: Estudios poblacionales sobre efectividad de tratamientos.
- Equidad: Datos por región/municipio permiten identificar desigualdades de salud.

Lecciones para México

Lección	Aplicabilidad	Adaptación
FHIR Obligatorio desde Inicio:Consistencia	Muy alta	FHIR-MX v1.0 obligatorio en Fase II
Período de Transición Realista: 2-3 años	Muy alta	Plazo similar en hoja de ruta
Soporte Técnico Central:Capacitación, herramientas	Muy alta	DGMoSS proporciona sandbox, documentación
Validación Automática: QA de datos	Muy alta	FHIR Validator en PNI rechaza datos no conformes

Catalizador de Crisis: Acelera adopción	Media	Vigilancia COVID-19 en Brasil; aplicable a vigilancia epidemiológica nacional
Marco Legal de Privacidad: LGPD brasileña	Muy alta	México tiene LFPDPPP/LGPDPPSO; alineación necesaria



Conclusión

La **Transformación Digital e Interoperabilidad en Salud** no es un proyecto tecnológico, sino una apuesta de nación. Representa el compromiso de construir un sistema de salud que escuche, aprenda y se adapte en tiempo real a las necesidades de cada persona. Hoy, **México** tiene la oportunidad histórica de superar la fragmentación que ha limitado su potencial y dar un salto hacia un **ecosistema conectado, equitativo y confiable**, donde la información fluya con seguridad, la innovación se acelere y el paciente recupere el centro de la atención.

Este cambio exige liderazgo y corresponsabilidad. Las instituciones públicas deben asumir el papel rector y garante de la equidad, asegurando que ninguna región o grupo quede atrás. El sector privado y los desarrolladores tecnológicos están llamados a innovar con propósito, adoptando estándares abiertos y contribuyendo a la interoperabilidad nacional. La academia y la sociedad, por su parte, son custodios de la ética, la evidencia y la transparencia que sostienen la confianza pública. Cada actor, desde el legislador al médico, del ingeniero al ciudadano, tiene un rol en este proceso colectivo.

El objetivo es claro, el marco normativo, los estándares técnicos y la arquitectura ofrecen una base sólida para avanzar con seguridad. Sin embargo, el éxito no dependerá de los sistemas, sino de la voluntad de colaboración entre sectores y niveles de gobierno.

Transformar la salud digitalmente significa transformar nuestra manera de trabajar juntos, de compartir conocimiento y de poner los datos al servicio del bienestar común.

Hacemos un llamado a los líderes del sistema de salud a pasar de la planeación a la implementación. A invertir no solo en infraestructura, sino en talento, confianza y gobernanza. A reconocer que la interoperabilidad no es un fin, sino el medio para garantizar un derecho humano: el derecho a una atención continua, segura y digna.

El futuro de la salud mexicana depende de las decisiones que tomemos hoy. Que esta guía sea más que un documento: que sea el punto de partida de una alianza nacional para una salud digital inclusiva, sostenible y centrada en las personas. El momento es ahora. Transformar juntos es la única vía para garantizar el bienestar de todos.

Referencias

- 1 Aicardi C, Del Savio L, Dove ES, Lucivero F, Tempini N, Prainsack B.. Emerging ethical issues regarding digital health data. On the World Medical Association Draft Declaration on Ethical Considerations Regarding Health Databases and Biobanks.. *Croat Med J*. 2016 Apr 28;57(2):207-13.. 2016. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4856186/>
- 2 Alegre V, Álvarez MY, Bianchini A, Buedo P, et al.. Salud digital en América Latina: legislación actual y aspectos éticos. *Rev Panam Salud Publica*. 2024 May 2;48:e40. Spanish. doi: 10.26633/RPSP.2024.40.. 2024. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11069326/>
- 3 Alianza de Información de Confianza en Salud. Marco HITRUST para el éxito en ciberseguridad y cumplimiento. HITRUST. 2024. Disponible en: <https://hitrustalliance.net/hitrust-framework>
- 4 Andromachi Psomiadi. Mexico Implements New Data Protection Framework. *Pandectes*. 2025. Disponible en: <https://pandectes.io/blog/mexico-implements-new-data-protection-framework/>
- 5 Añel Rodríguez RM, García Alfaro I, Bravo Toledo R, Carballeira Rodríguez JD. Historia clínica y receta electrónica: riesgos y beneficios detectados desde su implantación. Diseño, despliegue y usos seguros. *Aten Primaria*. 2021 Dec;53 Suppl 1(Suppl 1):102220.. 2021. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8721342/>
- 6 Australian Digital Health Agency. Connecting Australian Healthcare: National Healthcare Interoperability Plan 2023-2028. Australian Government: Australian Digital Health Agency. 2025. Disponible en: <https://www.digitalhealth.gov.au/sites/default/files/documents/australian-digital-health-agency-national-healthcare-interoperability-plan-and-national-healthcare-identifiers-roadmap-q2-october-december-2024-progress-report.pdf>
- 7 Bernardi FA, Alves D, Crepaldi N, Yamada DB, Lima VC, Rijo R. Data Quality in Health Research: Integrative Literature Review. *J. Med Internet Res*. 2023 Oct 31;25:e41446.. 2023. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10646672/>
- 8 Blegind Jensen, Tina, Thorseng, Anne. Building National Healthcare Infrastructure: The Case of the Danish e-Health Portal. *Information Infrastructures within European Health Care* (pp.209-224). 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317140742_Building_National_Healthcare_Infrastructure_The_Case_of_the_Danish_e-Health_Portal
- 9 Bradley J Hastings. Guidance for successful healthcare transformation: A systematic review of change management practices and outcomes. *Australian Journal of Management* 2025, Vol. 50(3) 985–1005. 2025. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03128962241307347>
- 10 Bull S, Roberts N, Parker M. Views of Ethical Best Practices in Sharing Individual-Level Data From Medical and Public Health Research: A Systematic Scoping Review.. *J Empir Res Hum Res Ethics*. 2015 Jul;10(3):225-38.. 2015. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4548478/>

- 11 Carnicero, Javier ; Barrachina, Juan Ignacio ; Aguiló, Agnès. Más allá del precio comprendiendo el costo real de las herramientas de salud digital. Banco Interamericano de Desarrollo. 2023. Disponible en:
<https://publications.iadb.org/es/mas-alla-del-precio-comprendiendo-el-costo-real-de-las-herramientas-de-salud-digital>
- 12 Caroline Brall, Peter Schroeder-Baek, Els Maeckelberghe. Ethical aspects of digital health from a justice point of view. *European Journal of Public Health*, Volume 29, Issue Supplement_3, October 2019, Pages 18–22, <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz167>. 2019. Disponible en: https://academic.oup.com/eurpub/article/29/Supplement_3/18/5628045
- 13 Centro de Investigación en Sistemas de Salud Instituto Nacional de Salud Pública . Informe: Tiempos de Espera y Productividad en Rastreadores Clínicos Seleccionados en Hospitales del Sector Público. Dirección General de Evaluación del desempeño (DGED). 2011. Disponible en:
http://www.dged.salud.gob.mx/contenidos/dged/descargas/estudios/IF_TE_11.pdf
- 14 Centro Nacional de Excelencia de Tecnología en Salud (CENETEC). Telesalud en el contexto de la APS-I MX. Interconsulta a distancia. Gobierno de México: Dirección General de Modernización del Sector Salud. 2020. Disponible en:
<https://www.gob.mx/salud/dgmos/documentos/t3l3s4lud-c0nt3xt0-4ps?state=published>
- 15 Christopher F. Janowak, MD, FACS, and Lauren M. Janowak. Misidentifying the Unidentified – John Doe and the EHR. Patient Safety Network. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality, US Department of Health and Human Services. 2019. Disponible en:
<https://psnet.ahrq.gov/web-mm/misidentifying-unidentified-john-doe-and-ehr>
- 16 Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. COFEPRIS informa sobre las modificaciones a la NOM-241-SSA1-2025, Buenas prácticas de fabricación de dispositivos médicos. Gobierno de México. 2025. Disponible en:
<https://www.gob.mx/cofepris/es/articulos/cofepris-informa-sobre-las-modificaciones-a-la-nom-241-ssa1-2025-buenas-practicas-de-fabricacion-de-dispositivos-medicos?idiom=es>
- 17 Comunidad OpenHIE. Especificación de arquitectura OpenHIE versión 3.0.. OpenHIE. 2020. Disponible en:
<https://ohie.org/wp-content/uploads/2020/12/OpenHIE-Specification-Release-3.0.pdf>
- 18 Comunidad OpenHIE. Descripción general del marco OpenHIE. OpenHIE. 2024. Disponible en: <https://ohie.org/framework/>
- 19 Congreso de la Ciudad de México. LEY DE PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES EN POSESIÓN DE SUJETOS OBLIGADOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. GACETA OFICIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO . 2018. Disponible en:
<https://www.congresocdmx.gob.mx/media/documentos/a8b6a4657686ea6f01e7a024377b814e0664d634.pdf>
- 20 Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Ley General de Salud. Diario Oficial de la Federación (DOF 07-06-2024). 2024. Disponible en:
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgs.htm>
- 21 Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares (LFPDPPP). Diario Oficial de la Federación DOF 20-03-2025. 2025. Disponible en:
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>

- 22 Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Ley de Firma Electrónica Avanzada. Diario Oficial de la Federación DOF 20-05-2025. 2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/ley-de-firma-electronica-avanzada-298859?state=published>
- 23 Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social. Evaluación Estratégica de Salud. Primer Informe. CONEVAL. 2022. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/InformesPublicaciones/Paginas/Mosaicos/Evaluacion_Estrategica_de_Salud_informe_2022.aspx
- 24 Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social. ESTUDIO DIAGNÓSTICO DEL DERECHO A LA SALUD. CONEVAL. 2018. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/EvaluacionDS/PP/CEIPP/IEPSM/Documents/Derechos_Sociales/Diag_derecho_Salud_2018.pdf
- 25 Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social. SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA DE DESARROLLO SOCIAL EN MÉXICO. CONEVAL. 2018. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/InformesPublicaciones/Documents/Memorias/Sistema-de-monitoreo-y-evaluacion-politica.pdf>
- 26 Dantés, Octavio Gómez, Sesma, Sergio, Becerril, Víctor M., Knaul, Felicia M., Arreola, Héctor, & Frenk, Julio. Sistema de salud de México. Salud Pública de México, 53(Supl. 2), s220-s232. . 2011. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000800017#:~:text=Su%20seguro%20de%20salud%20garantiza,de%20rehabilitaci%C3%B3n%20f%C3%ADsica%20y%20mental
- 27 David Novillo-Ortiz, Marcelo D'Agostino, Francisco Becerra-Posada. El rol de la OPS/OMS en el desarrollo de capacidad en eSalud en las Américas: análisis del período 2011-2015. Rev Panam Salud Publica 40(2). 2016. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/rpsp/2016.v40n2/85-89/es/>
- 28 Dirección General de Modernización del Sector Salud. Dirección de Salud Digital. Gobierno de México. 2025. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/dgmos/acciones-y-programas/direccion-de-salud-digital>
- 29 Diario Oficial de la Federación (DOF). NORMA Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2012, Sistemas de información de registro electrónico para la salud. Intercambio de información en salud.. Diario Oficial de la Federación (DOF: 30/11/2012). 2012. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280847&fecha=30%2F11%2F2012#gsc.tab=0
- 30 Diario Oficial de la Federación (DOF). NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SSA3-2012, Del expediente clínico.. Diario Oficial de la Federación (DOF: 30/11/2012). 2012. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5272787
- 31 Diario Oficial de la Federación (DOF). NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA-2025, Para establecimientos de salud y el reconocimiento de la partería, en la atención integral materna y neonatal.. Diario Oficial de la Federación (DOF: 04/03/2025). 2025. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5750807&fecha=04/03/2025&print=true
- 32 Dra. Marisa Aizenberg. INFORME SOBRE EL ESTADO DEL MARCO LEGAL PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELEMEDICINA EN LA CIUDAD DE MÉXICO. Gobierno de

la Ciudad de México. 2021. Disponible en:

<https://saluddigital.com/wp-content/uploads/2022/08/62e2b72c8a28d648212096.pdf>

33 e-Estonia. Registros electrónicos de salud de Estonia. Soluciones Digitales del Gobierno de Estonia.. e-Estonia. 2024. Disponible en:

<https://e-estonia.com/solutions/e-health-2/e-health-records/>

34 Erica Yahaira Leija Macías. Brecha digital: implicaciones para el estado mexicano. Enfoques Jurídicos. 2023. Disponible en:

<https://enfoquesjuridicos.uv.mx/index.php/letrasjuridicas/article/viewFile/2605/4492>

35 Farias MA, Badino M, Marti M, Báscolo E, García Saisó S, D'Agostino M. Digital transformation as a strategy to strengthen essential public health functions in the Americas. Rev Panam Salud Publica. 2023 Nov 15;47:e150. Spanish. doi:

10.26633/RPSP.2023.150.. 2023. Disponible en:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10648435/>

36 Fatemeh Torabi, Emma Squires, Chris Orton, Sharon Heys, David Ford, Ronan A. Lyons & Simon Thompson. A common framework for health data governance standards. Nature medicine Volume 30 6–29 . 2024. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/377249880_A_common_framework_for_health_data_governance_standards

37 FUNSALUD. Estudio Medic@ Digital en México. FUNSALUD: Estudio Medic@ Digital en México. 2022. Disponible en:

<https://funsalud.org.mx/estudio-medic-digital-en-mexico/>

38 Garcia Saiso S, Marti MC, Malek Pascha V, Pacheco A, et. al.. Barreras y facilitadores a la implementación de la telemedicina en las Américas. Rev Panam Salud Publica. 2021 Oct 18;45:e131. Spanish. doi: 10.26633/RPSP.2021.131.. 2021. Disponible en:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8530000/>

39 Gentili A, Failla G, Melnyk A, Puleo V, Tanna GLD, Ricciardi W and Cascini F. The cost-effectiveness of digital health interventions: A systematic review of the literature. Front. Public Health 10:787135. doi: 10.3389/fpubh.2022.787135. 2022. Disponible en:

<https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.787135/full>

40 Gesualdo, F., Daverio, M., Palazzani, L. et al.. Digital tools in the informed consent process: a systematic review. BMC Med Ethics 22, 18. 2021. Disponible en:

<https://bmcmethics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12910-021-00585-8>

41 Gobierno de México. Expediente Clínico Electrónico del IMSS será el origen para construir un sistema universal que almacene historial de toda la población: Zoé Robledo. Gobierno de México: IMSS No. 067/2024. 2024. Disponible en:

<https://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/202411/067>

42 Gobierno de México: Presidencia de la República. Paquete Económico 2026 garantiza Programas de Bienestar, aumento en salud, educación, vivienda, seguridad, inversión y rescate a Pemex. Gobierno de México: Presidencia de la República. 2025. Disponible en:

<https://www.gob.mx/presidencia/prensa/paquete-economico-2026-garantiza-programas-de-bienestar-aumento-en-salud-educacion-vivienda-seguridad-inversion-y-rescate-a-pemex#:~:text=Detall%C3%B3%20que%20en%20Salud%20se,Seguridad%20con%20201%20mil%20mdp>

- 43 He Y, Aliyu A, Evans M, Luo C.. Health Care Cybersecurity Challenges and Solutions Under the Climate of COVID-19: Scoping Review. J Med Internet Res. 2021 Apr 20;23(4):e21747. 2021. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8059789/>
- 44 Healthcare Denmark. . Avanzando la digitalización en atención médica. Ministerio de Salud de Dinamarca. 2024. Disponible en: <https://healthcaredenmark.dk/national-strongholds/digitalisation/>
- 45 U.S. Department of Health and Human Services. Individuals' Right under HIPAA to Access their Health Information 45 CFR § 164.524 . U.S. Department of Health And Human Services: Health Information Privacy. 2020. Disponible en: <https://www.hhs.gov/hipaa/for-professionals/privacy/guidance/access/index.html>
- 46 HL7 International. Guía de implementación FHIR (IG) - Especificación de recursos (v5.0.0).. FHIR. 2025. Disponible en: <https://hl7.org/fhir/implementationguide.html>
- 47 HL7 International. HL7 FHIR Release 5. FHIR. 2025. Disponible en: <https://hl7.org/fhir/>
- 48 International Organization for Standardization. ISO/IEC 27001:2022 - Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements. ISO. 2022. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/27001>
- 49 Iorfino F, Occhipinti JA, Skinner A, Davenport T, Rowe S, Prodan A, Sturgess J, Hickie IB. The Impact of Technology-Enabled Care Coordination in a Complex Mental Health System: A Local System Dynamics Model. J Med Internet Res 2021;23(6):e25331. 2021. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34077384/>
- 50 Kotter, J. . The 8 Steps for Leading Change. Kotter Inc.. 2024. Disponible en: <https://www.kotterinc.com/methodology/8-steps/>
- 51 Kruse, C. S., Frederick, B., Jacobson, T., & Monticone, D. K. Cybersecurity in healthcare: A systematic review of modern threats and trends.. Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine, 25(1), 1–10.. 2017. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8059789/>
- 52 Leonardo Lomelí Vanegas. La reforma de la seguridad social en México: del sistema de reparto al sistema de capitalización individual. . 2000. Disponible en: https://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Comisiones/3_ssosocial.htm
- 53 Louise Holly, Shannon Thom, Mohamed Elzemety, Beatrice Murage, Kirsten Mathieson, Maria Isabel Iñigo Petralanda. Strengthening health data governance: new equity and rights-based principles. International Journal of Health Governance. 2023. Disponible en: <https://www.emerald.com/ijhg/article/28/3/225/127707/Strengthening-health-data-governance-new-equity>
- 54 Maaß, L., Zeeb, H. & Rothgang, H.. International perspectives on measuring national digital public health system maturity through a multidisciplinary Delphi study.. npj Digit. Med. 7, 92. 2024. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41746-024-01078-9>
- 55 McKinsey. Building interoperable healthcare systems: One size doesn't fit all. McKinsey Health Institute. 2025. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/mhi/our-insights/building-interoperable-healthcare-systems-one-size-doesnt-fit-all>
- 56 Mildred Ramo. La portabilidad de los expedientes médicos. Expo Med: Hospitalar. 2020. Disponible en:

https://www.expomedhub.com/nota/innovacion/expedientes-medicos-portabilidad?utm_source=chatgpt.com

57 Mills, S., Lee, J. K., Rassekh, B. M., Zorko Kodelja, M., Bae, G., Kang, M., Pannarunothai, S., & Kijisanayotin, B. Unique health identifiers for universal health coverage. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 38, Artículo 22.. 2019. Disponible en: <https://jhpn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41043-019-0180-6>

58 Ministerio de Salud. Red Nacional de Salud Digital. Gobierno de Argentina: Dirección Nacional de Sistemas de Información Sanitaria. 2025. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/salud/digital/red>

59 MSB DOCS. Regulations on the legality and enforceability of Electronic Signatures: Mexico. MSB DOCS: Legal. 2025. Disponible en: <https://msbdocs.com/legal/electronic-signature-legality-mexico/>

60 National Institute of Standards and Technology. The NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0.. National Institute of Standards and Technology. 2024. Disponible en: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/CSWP/NIST.CSWP.29.pdf>

61 NHS England. Interoperability. NHS: England - Digital transformation, Connected digital systems. 2020. Disponible en: <https://www.england.nhs.uk/digitaltechnology/connecteddigitalsystems/interoperability/>

62 NIH. Definición de defensor del paciente - Diccionario de cáncer del NCI. Instituto Nacional del Cáncer. 2025. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/defensor-del-paciente>

63 Nøhr, C., Parv, L., Kink, P. et al.. Nationwide citizen access to their health data: analysing and comparing experiences in Denmark, Estonia and Australia.. *BMC Health Serv Res* 17, 534. 2017. Disponible en: <https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-017-2482-y>

64 OECD. Health at a Glance 2023: OECD Indicators. OECD. 2023. Disponible en: https://www.oecd.org/en/publications/health-at-a-glance-2023_7a7afb35-en/full-report/digital-health_d79d912b.html?utm_source=chatgpt.com

65 OECD. OECD Reviews of Health Systems: Brazil 2021. OECD Reviews of Health Systems. 2021. Disponible en: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-reviews-of-health-systems-brazil-2021_146d0dea-en.html

66 Olympia Anastasiadou*, Panagiotis Mpogiatzidis and Pantelis Angelidis. Ethical Issues Regarding the Digitalization and Interoperability of Health Services. *J Biotechnol Bioinforma Res*, 2024 Volume 6(3): 1-7. 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/384879418_Ethical_Issues_Regarding_the_Digitalization_and_Interoperability_of_Health_Services

67 World Health Organization (WHO). Marco sobre servicios de salud integrados y centrados en la persona. OMS, 69.ª ASAMBLEA MUNDIAL DE LA SALUD, A69/39, Punto 16.1 del orden del día provisional. 2016. Disponible en: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha69/a69_39-sp.pdf

68 Organización Panamericana de la Salud. Países de las Américas buscan reducir la fragmentación de los sistemas de salud para asegurar una atención sin interrupciones. OPS/PAHO. 2022. Disponible en:

<https://www.paho.org/es/noticias/27-9-2022-paises-americas-buscan-reducir-fragmentacion-sistemas-salud-para-asegurar>

69 Organización Panamericana de la Salud. Equidad en Salud. OPS/PAHO. 2023. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/equidad-salud>

70 Organización Panamericana de la Salud. Más de 70,000 profesionales capacitados: la OPS impulsa la alfabetización digital en salud. OPS/PAHO. 2025. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/14-5-2025-mas-70000-profesionales-capacitados-ops-impulsa-alfabetizacion-digital-salud>

71 Organización Panamericana de la Salud. Nuevo programa de la OPS impulsa la alfabetización digital del personal de salud. OPS/PAHO. 2025. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/14-4-2025-nuevo-programa-ops-impulsa-alfabetizacion-digital-personal-salud>

72 Organización Panamericana de la Salud. eHealth in Latin America and the Caribbean: interoperability standards review. OPS/PAHO. 2016. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/28189/9789275118818_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

73 Organización Panamericana de la Salud. 8 principios para la transformación digital del sector salud. OPS/PAHO. 2021. Disponible en: <https://www.paho.org/es/sistemas-informacion-salud-digital/8-principios-para-transformacion-digital-sector-salud>

74 Organización Panamericana de la Salud. Marco de monitoreo y evaluación en sistemas de información para la salud. OPS/PAHO. 2022. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55878>

75 Pan American Health Organization. Interoperability: Eight Guiding Principles for the Digital Transformation of the Health Sector Digital transformation toolbox. PAHO. 2021. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/58408/PAHOEIHISdtkt230010_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

76 Pan American Health Organization. Derechos humanos. PAHO. 2021. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/57371/OPSEIHIS230013_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

77 PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. REGLAMENTO (UE) 2025/327 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de febrero de 2025 relativo al Espacio Europeo de Datos de Salud, y por el que se modifican la Directiva 2011/24/UE y el Reglamento (UE) 2024/2847. Diario Oficial de la Unión Europea. 2025. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2025-80382>

78 Piquer Martínez, Celia Urionagüena de la Iglesia, Amaia Benrimoj, et. al.. Theories, models and frameworks for health systems integration. A scoping review. Health policy 141 (2024) 104997. 2024. Disponible en: <https://addi.ehu.es/handle/10810/66913?locale-attribute=es>

79 Prosci. El Modelo Prosci ADKAR®. Prosci. 2024. Disponible en: <https://www.prosci.com/methodology/adkar>

80 Rakesh Margam. Ethics And Data Privacy: The Backbone of Trustworthy Healthcare Practices. Socio-Economic and Humanistic Aspects for Township and Industry Vol. 1, No. 2 (2023) pp 232-236 <https://doi.org/10.59535/sehati.v1i2.115>. 2023. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/377362649_Ethics_And_Data_Privacy_The_Backbone_of_Trustworthy_Healthcare_Practices

81 Richardson, S., Lawrence, K., Schoenthaler, A.M. et al.. A framework for digital health equity. *npj Digit. Med.* 5, 119. 2022. Disponible en:

<https://www.nature.com/articles/s41746-022-00663-0>

82 Secretaría de Salud de Oaxaca. Funciones. Secretaría de Salud Servicios de Salud de Oaxaca. 2025. Disponible en: <https://www.oaxaca.gob.mx/salud/funciones/>

83 Shaw JA and Donia J. The Sociotechnical Ethics of Digital Health: A Critique and Extension of Approaches From Bioethics. *Front. Digit. Health* 3:725088. doi:

10.3389/fdgth.2021.725088. 2021. Disponible en:

<https://www.frontiersin.org/journals/digital-health/articles/10.3389/fdgth.2021.725088/full>

84 Sun N, Esom K, Dhaliwal M, Amon JJ. Human Rights and Digital Health Technologies. *Health Hum Rights*. 2020 Dec;22(2):21-32. PMID: 33390689; PMCID: PMC7762914.. 2020. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7762914/>

85 Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms (SNOMED CT). Why use SNOMED CT and where do I start?. SNOMED International. 2025. Disponible en:

<https://www.implementation.snomed.org/getting-started>

86 Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms (SNOMED CT). What is SNOMED CT?. SNOMED International. 2025. Disponible en:

<https://www.snomed.org/what-is-snomed-ct>

87 Thomas Wilkinson, Mengxiao Wang, Jed Friedman, Marelize Görgens. A Framework for the Economic Evaluation of Digital Health Interventions. World Bank Group. 2023. Disponible en:

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099446504122313917/pdf/IDU0f639726d0f11404a3509af8054677649dcd6.pdf>

88 Tiik, M. The Road to eHealth in Estonia: Lessons Learned and Future Opportunities and Challenges. *European Journal of Public Health*. 2021. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/367932425_The_Road_to_eHealth_in_Estonia_Lessons_Learned_and_Future_Opportunities_and_Challenges

89 Tomás Iglesias. Telemedicina en México: Barreras y Oportunidades. *Salud Digital.io*. 2024. Disponible en:

<https://www.saluddigital.io/blog/telemedicina-en-m%C3%A9xico-barreras-y-oportunidades>

90 Tomás Iglesias. Salud Digital en México: El Presente y Futuro. *Salud Digital.io*. 2024. Disponible en:

<https://www.saluddigital.io/blog/el-presente-y-futuro-de-la-salud-digital-en-m%C3%A9xico>

91 Transform Health. Ley Modelo de Gobernanza de Datos de Salud: Preguntas frecuentes sobre la ley modelo sobre gobernanza de datos sanitarios. Transform Health: Model Law on Health Data Governance. 2023. Disponible en:

https://healthdatagovernance.org/wp-content/uploads/2025/01/Spanish-Preguntas-frecuentes_Ley-modelo-sobre-la-gobernanza-de-los-datos-sanitarios-1-1.pdf

92 Transform Health. HEALTH DATA GOVERNANCE PRINCIPLES: Universalizing the benefits of health digitalisation. Transform Health. 2021. Disponible en:

<https://transformhealthcoalition.org/wp-content/uploads/2021/10/HDG-Principles-Public-Consultation-Draft.pdf>

- 93 Transform Health. CERRANDO LA BRECHA DIGITAL: MAYOR Y MEJOR FINANCIACIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA SALUD. Transform Health. 2022. Disponible en: <https://transformhealthcoalition.org/wp-content/uploads/2023/04/Closing-the-digital-divide-Spanish.pdf>
- 94 Vidal-Alaball J, Alarcon Belmonte I, Panadés Zafra R, Escalé-Besa A, Acezat Oliva J, Saperas Perez C. Approach to digital transformation in healthcare to reduce the digital divide. *Aten Primaria*. 2023 Sep;55(9):102626.. 2023. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10239691/>
- 95 Vinadé Chagas ME, de Oliveira Laguna Silva G, Ricardo Fernandes G, Tizianel Aguilar G, Motta Dias da Silva M, Moraes EL, D Avila Lottici I, da Rosa de Amorim J, de Abreu T, de Campos Moreira T and Cezar Cabral F. The evolution of digital health: a global, Latin American, and Brazilian bibliometric analysis. *Front. Digit. Health, Sec. Health Informatics*, Volume 7. 2025. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/digital-health/articles/10.3389/fdgth.2025.1582719/full>
- 96 World Health Organization (WHO). Directriz de la OMS: Recomendaciones sobre intervenciones digitales para fortalecer los sistemas de salud. Geneva: World Health Organization. 2022. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581662/table/ch2.tab1/>
- 97 Woods L, Eden R, Duncan R, Kodiyattu Z, Macklin S and Sullivan C. Which one? A suggested approach for evaluating digital health maturity models.. *Front. Digit. Health, Sec. Health Informatics*, Volume 4. 2022. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/digital-health/articles/10.3389/fdgth.2022.1045685/full>
- 98 World Bank. Digital-in-Health: Unlocking the Value for Everyone. World Bank. 2023. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/06ffb4d1-a7c0-4563-9feb-f14fa8395e32>
- 99 World Bank. Data Governance in Health. World Bank. 2022. Disponible en: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099081723223522777/pdf/P175075136726f0a01832317b7ae23a06a6.pdf>
- 100 World Health Organization. Global strategy on digital health 2020-2025. World Health Organization. 2021. Disponible en: <https://iris.who.int/handle/10665/344249>
- 101 Liaw ST, Zhou R, Ansari S, Gao J. A digital health profile & maturity assessment toolkit: cocreation and testing in the Pacific Islands.. *J Am Med Inform Assoc*. 2021 Mar 1;28(3):494-503. doi: 10.1093/jamia/ocaa255. PMID: 33249472; PMCID: PMC7936524.. 2021. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7936524/>
- 102 Bossert, Thomas ; Blanchet, Nathan ; Sheetz, Suzanne ; Pinto, Diana M. ; Cali, Jonathan ; Perez-Cuevas, Ricardo. Comparative Review of Health System Integration in Selected Countries in Latin America. <https://doi.org/10.18235/0009151>. 2013. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/comparative-review-health-system-integration-selected-countries-latin-america>
- 103 Diario Oficial de la Federación (DOF). PROGRAMA Sectorial de Salud 2025-2030.. Diario Oficial de la Federación DOF: 04-09-2025. 2025. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5767240&fecha=04/09/2025



Transform Health

MEXICO