

Resumen ejecutivo de la plataforma *Muyal-Ilal* del proyecto ProNacE número 41756 en Cinvestav Unidad Mérida.

Responsable técnico
Dr. José Luis González Compeán
Profesor-investigador
Cinvestav Tamaulipas
joseluis.gonzalez@cinvestav.mx

Título del proyecto: Muyal-Ilal: Plataforma tecnológica para la gestión, aseguramiento, intercambio y preservación de grandes volúmenes de datos en salud y construcción de un repositorio nacional de servicios de análisis de datos de salud.

Fondo: Mejoramiento y adecuación del expediente clínico electrónico único y creación de bases de datos para ciencia de datos de salud. Convocatoria FORDECYT 2019-06 CONACyT

Vigencia: 2019-2022

Resumen del proyecto

En este proyecto se desarrolla una plataforma de servicios eficientes para la gestión, aseguramiento, intercambio, trazabilidad y almacenamiento de grandes volúmenes de datos médicos. En esta plataforma, las instituciones de salud pueden crear servicios seguros de inteligencia artificial que analicen datos médicos (sensores, notas médicas, imágenes o bases de datos) para asistir procesos de toma de decisiones (diagnósticos asistidos y predicciones de riesgo), servicios para visualizar información mediante monitores de visualización y mapas espacio-temporales, así como servicios para verificar y asegurar que los expedientes Clínicos Electrónicos cumplan con las normas nacionales e internacionales para el manejo e intercambio de datos y contenidos personales.

Objetivo de Muyal-Ilal

Diseñar y crear una plataforma para crear sistemas de ciencia de datos médicos que automáticamente manejen la gestión, aseguramiento, intercambio, análisis y preservación de grandes volúmenes de datos en salud, así como la construcción de un repositorio nacional de servicios de ciencia de datos de salud e inteligencia artificial para soportar procesos de toma de decisiones tales como diagnósticos, pronósticos o intervenciones de salud pública.

Productos:

A continuación, se describe brevemente cada uno de los productos relacionados al proyecto Muyal-Ilal. La figura 1 presenta las características principales de cada uno de los productos.

- **Muyal-Nez:** Plataforma para la creación y manejo de sistemas de ciencia de datos no estructurados (imagenología y señales médicas)
- **Muyal-Xelhua:** Plataforma para la creación y manejo de sistemas de ciencia de datos estructurados (imagenología y señales médicas)
- **Muyal-Chimalli:** Sistema de seguridad informática para sistemas de ciencia de datos y verificación de normas de manejo de datos sensibles
- **Muyal-Painal:** Plataforma almacenamiento tolerante a fallas y distribución de contenidos en la nube para sistemas de ciencia de datos
- **Muyal-Alwa:** Plataforma para la creación y manejo de repositorios en sistemas de ciencia de datos.
- **Caso Uso:** Clasificación de registros de pacientes en subtipos de diabetes mellitus tipo 2 mediante algoritmos de inteligencia artificial.



Figura 1. Características principales de los sistemas que conforman a la plataforma Muyal-Ilal

Las siguientes subsecciones presentan los productos comprometidos en el CAR y los productos académicos generados durante el proyecto, así como el panorama general de cada producto.

1. Productos comprometidos en el CAR

Los productos comprometidos en el CAR están divididos en dos etapas y en diferentes metas.

Etapa 1¹

- Productos globales
 - Un reporte técnico describiendo los resultados obtenidos (descripción de toda la plataforma).
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/274>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzq453imcQVCyR2usqFQ?e=V7NXZb>

¹ El acceso a la carpeta con las evidencias de la etapa 1 se encuentra en el siguiente [link](#).

- Meta 1: Adecuar sistemas de IPACS-INR desplegados tanto en el INR (Instituto Nacional de Rehabilitación) como el INP (Instituto Nacional de Psiquiatría) para consumir servicios de la plataforma propuesta.
 - Productos
 - Flujos de trabajo para el diagnóstico de cáncer primario de huesos largos. (CASO USO).
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/281>
 - Un reporte técnico describiendo los resultados obtenidos.
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzgaMoDMe6HLxHm6a3Lg?e=TN7oaA>
 - Oficios de entrega-recepción de paquete tecnológico:
<https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg5AEzLpBD7AmY1TrJw?e=tjZ8WC>
- Meta 2: Diseñar y desarrollar un marco de gestión y configuración de servicios de e-Salud que permita a las instituciones y sus desarrolladores, así como investigadores y profesionales de la salud crear servicios de e-Salud.
 - Productos:
 - Un esquema de construcción de cripto-contenedores de datos y cripto-contenedores de aplicaciones.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Un esquema de despliegue de e-Servicios independientes de la infraestructura.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Un esquema de bloques de construcción de flujos de trabajo y servicios de e-Salud basado en mapas de microservicios y nanoservicios.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Un reporte técnico describiendo los resultados obtenidos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/278>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg45fzUPNPHCKvZtjNQ?e=Bh5J3G>
- Meta 3: Crear una red de distribución de contenidos basada en estructuras de transporte seguro (IoT-perímetro-nube) para ser publicados en la plataforma y ser adquiridos o utilizados en línea por los usuarios finales.
 - Productos:
 - Un servicio que permita el manejo carga y descarga de servicios desde un catálogo/repositorio de servicios.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Mecanismos de control de acceso de usuarios.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Un servicio basado en el modelo publicación/suscripción (pub/sub) para el manejo de catálogos, fuentes y repositorios de diferentes tipos de datos clínicos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Un reporte técnico describiendo los resultados obtenidos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/276>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg45igO9fvK2iLG1epA?e=3alqyR>
- Meta 4: Desarrollar servicios de validación de las normas oficiales mexicanas y protocolos DICOM/HL7, así como mecanismos de trazabilidad de datos basados en blockchain y control de acceso de usuarios.
 - Productos:
 - Mecanismo que permita brindar usabilidad costo-beneficio del almacenamiento y transporte de datos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Servicios de preparación y recuperación de datos médicos configurables que incluya los requerimientos de seguridad, trazabilidad, integridad y eficiencia.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Mecanismos de trazabilidad de datos basados en blockchain.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Servicios de validación de normas oficiales mexicanas y protocolos DICOM/HL7.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Servicio que permita la utilización de técnicas de criptografía de siguiente generación para la transformación de datos en objetos seguros.

- <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
- Un reporte técnico describiendo los resultados obtenidos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/275>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg457qxfavler5nv2eQ?e=GuHJ9g>
- Meta 5: Trabajar sobre las adecuaciones necesarias para que la plataforma a-Prevenir(c) del CICESE consuma los servicios de la plataforma propuesta.
 - Productos:
 - Un reporte técnico describiendo los resultados obtenidos.
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzgalAfbGFbuM6n6R1QQ?e=RhI0yR>

Etapa 2²

- Productos globales
 - Infografías con los resultados obtenidos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/280>
 - <https://www.youtube.com/@plataformamuyal-ilal7491/videos>
 - Muyal-Nez: https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg5EO3_bsu7-6hskHMQ?e=uetxOB
 - Muyal-Xelhua: https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg5FbAxpQiCxCkP_q0yA?e=xkPXCt
 - Muyal-Painal: <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg5FHRC4j8h7dc0IYug?e=SFN5Vm>
 - Muyal-Chimalli: <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg5AwxdAw7EnNgxGeQ?e=yrcy7z>
 - Muyal Alwa: <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg5E8H9hzvXv91IZTg?e=M0Va0h>
 - Caso Uso: https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg5AQG9snc_JWBQKt6w?e=S28UGf
 - Al menos un artículo de congreso internacional.
 - A Federated Content Distribution System to Build Health Data Synchronization Services. Diana Carrizales-Espinoza, Dante D. Sanchez-Gallegos, J. L. Gonzalez-Compean, and Jesus Carretero. 2021 29th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP). 2021. Invitado para extensión en revista indizada Q2.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/260>
 - https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg4x_0N6fC7iV5C8aaw?e=acDVBW
 - Al menos un artículo científico publicado en una revista internacional.
 - Barron-Lugo, J. A., Gonzalez-Compean, J. L., Carretero, J., Lopez-Arevalo, I., & Montella, R. (2021). A novel transversal processing model to build environmental big data services in the cloud. Environmental Modelling & Software, 144, 105173.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/267>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40CJApuCsXNiCooEA?e=DMPLi5>
- Meta 1: Creación de un repositorio de servicios de intercambio, preservación, aseguramiento y análisis de datos clínicos de la plataforma, así como sistemas de e-salud publicados en la misma.
 - Productos:
 - Un repositorio de servicios de intercambio, preservación, aseguramiento y análisis de datos clínicos de la plataforma, así como sistemas de e-salud publicados en la misma.
 - Software: <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/282>
 - Software: <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg48hLjVB5iezTvWQQ?e=ZVgIsP>
 - Red de distribución de contenidos para el intercambio de datos en el perímetro-niebla-nube.
 - Una red de distribución de contenido que permita la carga, intercambio y descarga automática de datos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Un reporte técnico describiendo los resultados obtenidos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/279>
 - https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg48eDZF0u_Xoy3D8VA?e=oOMXtc

² El acceso a la carpeta con las evidencias de la etapa 2 se encuentra en el siguiente [link](#)

- Meta 2: Conseguir Objetivo 4 mediante la creación de un sistema de e-salud basado en la plataforma a-Prevenir(c) preparada en meta Etapa1; Meta 3.2. Grupos CICESE y Cinvestav.
 - Productos:
 - Un reporte técnico describiendo los módulos implementados.
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzgalAfbGFbuM6n6R1QQ?e=Bcp4wh>
- Meta 3: Conseguir Objetivo 5 mediante servicios de analítica en línea con visualización basado en sistemas de información geográfica asociados a la metodología de adquisición de los servicios de e-Salud. Grupos UAM y Cinvestav, coordinación y asesoría del INRLGII.
 - Productos:
 - Módulos para realizar procesos de estadística básica, agrupamiento estadístico, consultas espacio-temporales con operadores condicionales y ejecución de algoritmos de cómputo evolutivo.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/257>
 - <https://github.com/ArmandoBarron/xel>
 - Un esquema de encapsulación y adecuación de algoritmos de análisis, minería y cómputo evolutivo a las estructuras de cripto-aplicaciones.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/257>
 - <https://github.com/ArmandoBarron/xel>
 - Un reporte técnico describiendo los resultados obtenidos.
 - Manual de usuario de Xelhua: Esquema de encapsulación de aplicaciones de analítica para la creación de sistemas de ciencia de datos estructurados. (<https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/250>).
 - Manual para desarrolladores: APIs de Xelhua (<https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/251>).
 - Reporte técnico (https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg45k2SJLvDQ_I6qJg?e=bejkpb, <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/298>).
- Meta 4: Conseguir Objetivo 3 mediante la creación de un sistema de e-salud para la distribución y preservación de datos clínicos asociados la metodología de diagnóstico de cáncer primario de huesos largos definida en Etapa1Meta3.2. Grupos UAM, Cinvestav e INR.
 - Productos:
 - Un sistema que permita cumplimentar con las normas y protocolos oficiales.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Esquemas de preparación y recuperación de datos que permitan cumplir con los requerimientos no funcionales establecidos en las normas.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Esquemas de preparación de datos para el cifrado e intercambio seguro de datos.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/299>
 - Un reporte técnico describiendo como la plataforma cumplimenta las normas oficiales.
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzgaMoDMe6HLxHm6a3Lg?e=TN7oaA>

2. Productos no comprometidos en el CAR

- Productos globales
 - Documentación de las Plataformas
 - Muyal-Ilal: Plataforma tecnológica para la gestión, aseguramiento, intercambio y preservación de grandes volúmenes de datos en salud y construcción de un repositorio nacional de servicios de análisis de datos de salud.
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg448wfmnw5Q0kRUHrg?e=thywXd>
 - Muyal-Nez: Servicios de construcción de sistemas de e-Salud
 - https://1drv.ms/f/s!AtMgnjYpElvzg44_Mduc8SljBxpGA?e=b4NPrA
 - Muyal-Chimalli: Servicio para el acceso seguro y confiable a datos médicos
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg44-gdX2kzW5rZ7cdA?e=P0d8Lf>
 - Muyal-Xelhua: Servicio para el análisis de datos estructurados
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg45AnjMH2H5WfO72lg?e=9LhBXE>

- Muyal-Painal: Servicio para el almacenamiento y transporte de datos
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg40ibmijLDNXHQqGuw?e=2mmLo6>
- Muyal-Alwa: Repositorio de servicios de intercambio, preservación, aseguramiento y análisis de datos clínicos de la plataforma.
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg449I7p5-Av8z-lZvg?e=wdc6xi>
- Caso Uso: Sistema de e-salud para el diagnóstico asistido de cáncer de hueso largo y pulmones mediante inteligencia artificial.
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg4936NCVfBjlxkTb7g?e=bVqlmm>
- Tesis
 - Modelado Funcional de Contenedores Virtuales Docker. Hinojosa-Tijerina, M., Gonzalez-Compean, J. L., and Lopez-Arevalo, I. 2021.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/119>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40GSLmGpLB75ilyeg?e=z2hu6m>
 - Método de construcción enfocado en contenedores virtuales para la composición de sistemas distribuidos y paralelos para el procesamiento de grandes volúmenes de datos. Hugo G. Reyes-Anastacio, J. L. Gonzalez-Compeán, and Víctor J. Sosa-Sosa. 2021-2022.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/123>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40NBvaL1CmSaZ6uwQ?e=fmQYMO>
 - Método de construcción de servicios de seguridad informática para sistemas de continuidad en infraestructurasheterogéneas de cómputo. Catherine A. Torres-Charles, J. L. Gonzalez-Compeán, and Miguel Morales-Sandoval. 2021-2022.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/122>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40MU0yUFWbzDJ1DPA?e=pBJxHb>
 - Construcción de sistemas auto-adaptables en la nube mediante patrones dinámicos. Genaro J. Sánchez-Gallegos, J. L. Gonzalez-Compeán, and Jesus Carretero. 2021-2022.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/120>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40H6klc1GJ3iwd87q?e=eacHqv>
 - Método adaptativo-reactivo de replicación para sistemas de almacenamiento de alta disponibilidad. Jesus I. Castillo-Barrios, J. L. Gonzalez-Compeán, and Iván López-Arévalo. 2021-2022.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/259>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg48UddXP-1oyS6HUHA?e=zk9nfG>
 - Método de orquestación para servicios de fusión de datos definidos por variables espaciotemporales. José C. Morín-García, J. L. Gonzalez-Compeán, and Iván López-Arévalo. 2021-2022.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/121>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg4x8JJuoKKXA1xB2tw?e=OJWPbF>
- Artículos de congreso internacional
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg40JbVbxRbNJD75eQ?e=6Mq8Fh>
- Artículos de revista
 - https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg40LVok3I_QIBT8duA?e=F8OSiU
- Libro
 - Big Data en Salud: Tecnologías emergentes y aplicaciones
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg48Yq0FpAP1wX3WZHw?e=q72ldj>
- Capítulo de libro
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg49uEJK57GmHK1nCUA?e=JYIBOn>
- Conjuntos de datos
 - Registro de defunciones por cáncer del 2000 al 2020 con tasa ajustada de defunciones.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/253>
 - Registro de contaminantes. Unificación de conjuntos RAMA, REDMED y MERRA
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/256>
 - Grafo de procesamiento de casos de defunciones por cáncer en Nuevo León del 2000 al 2020.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/254>
 - Registro de defunciones por cáncer de 1998 al 2020. (Subtitle)
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/252>
 - Registro de contaminantes de 1986 al 2022.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/255>

- Grafo de procesamiento de contaminantes y temperaturas en México.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/258>
- Documentación APIs
 - Muyal-Nez (<https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg45mB115WvIKp7RkcA?e=kMgfGW>).
 - Muyal-Xelhua (https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg45oeRj3P_TfiPGazA?e=BKXCWN).
 - Muyal-Painal (https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg45nNTXRscq_Uw0qAw?e=KyRfzB).
 - Muyal-Alwa (<https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzg45l8Z5rJmKSj59oDw?e=NIT2EP>).
- Incidencia y vinculación
 - Muyal-Nez (<https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzgaEECLMLaQapIBVYOQ?e=i8tiFy>): Servicio para la construcción de sistemas de e-salud.
 - Servicio de descubrimiento, indexación y monitoreo de cripto contenedores de sistemas de e-salud. (NMT 5)
 - Carta de intención para realizar transferencia tecnológica al Centro Nacional de Investigación en Imagenología e Instrumentación Médica.
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzgaNiklPIkfNOgZMhcA?e=fxWgVR>
 - Posible transferencia a Instituto Nacional de Psiquiatría.
 - Colaboración con proyecto Pronaces 48901.
- Productos digitales
 - Muyal-Chimalli (<https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzgaEK8qN5bit7620IBA?e=liMVpV>): Servicio de acceso seguro a servicios de e-salud y/o sistemas de analítica.
 - Búsquedas cifradas que evitan que el personal de informática, que se asume honesto, pero podría ser curioso, tenga acceso a los contenidos almacenados en los servidores de las instituciones de salud, lo cual es clave cuando las instituciones de salud contratan servicios de cómputo y almacenamiento en la nube. (NMT 5)
- Congreso internacional
 - 29th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP 2021). Valladolid, Spain, On-line Conference. Mar 10th-12th, 2021.
 - (Constancia de participación: https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzgaN1jE9r5h29EesL_Q)
 - (Video de participación: https://1drv.ms/v/s!AtMgnjYpElvzgaNwY_wSICExml0_qQ)
 - 30th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP 2022). Valladolid, Spain. Mar 9th-11th, 2022.
 - Proceedings of the 2022 7th International Conference on Cloud Computing and Internet of Things.
 - 2022 IEEE Mexican International Conference on Computer Science (ENC).
 - Proceedings of the 9th International Conference on Bioinformatics Research and Applications
- Presentaciones sobre el Proyecto
 - SoftDay 3.0, viernes 18 de junio · 09:30 – 18:15. Ponencia: Procesamiento, almacenamiento y análisis de datos médicos en la Nube: Resultado de proyecto ProNaCes No. 41756: 17:00 - 18:00. (certificado de participación: <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzgaNJS2HYQ7C-Ueytjg>)
 - Seminario UAM, jueves 18 de noviembre · 11:00 hrs. Ponencia: Muyal-Ilal, una plataforma tecnológica para la gestión, aseguramiento, intercambio y preservación de grandes volúmenes de datos en salud. Presentador: Dr. José Luis González Compeán. Afiliación: CINVESTAV unidad Tamaulipas. (certificado de participación: <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzgaNiF0HhVkcDuljGtw>)
 - HEALTH@HOME "Inteligencia artificial y TIC's aplicadas a la salud en México" Social Media.
 - Web: <https://healthland.talent-republic.tv/eventos/inteligencia-artificial-y-tics-aplicadas-a-la-salud-en-mexico-dr-alejandro-galaviz-dr-salvador-villarreal-dr-mariano-rivera-dr-pablo-meyer-dr-jose-gonzalez/>.
 - Facebook: <https://www.facebook.com/TalentRepublic.tv/photos/5023534507662559>.
 - Instagram: <https://healthland.talent-republic.tv/eventos/conferencia-2/>.
- Talleres
 - Taller de Telemedicina y ciencia de datos (Nuevo León, Monterrey).
 - Evidencias de los talleres

- <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzgeAn0Z3tZqHHaBQyMA?e=ED9uqp>
- Conferencias y demostraciones
 - <https://www.youtube.com/live/UflnoeJHELg?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/uZAJPGu-o4s?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/1XVkrQnVq0M?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/evuQWSMtvql?feature=share>
- Taller de Taller de Big Data en Salud (Puebla, Puebla).
 - Evidencias de los talleres
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzgeAmEBiOEG5bYupQ1w?e=whkcke>
 - Conferencias y demostraciones
 - https://www.youtube.com/live/kZKBwz0_Ghw?feature=share
 - <https://www.youtube.com/live/21kmeww1SF0?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/-bwqiAqyij8?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/pH5tdXJ8Shw?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/xOq9K4xfvtE?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/BW7cRsm9fbw?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/dZoMnN8e6x0?feature=share>
 - https://www.youtube.com/live/AG9l3_8-z9s?feature=share
 - <https://www.youtube.com/live/8CngPACxFL?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/CZxINgokKEM?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/XclR14UXkM0?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/NNIPDIV64nU?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/rqtG47NQQo0?feature=share>
- Taller de Cómputo y almacenamiento en la nube para ciencia de datos (Iztapalapa, México).
 - Evidencias de los talleres
 - https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzgeAonfw_EHtuO0pgOw?e=cpLIJ0
 - Conferencias y demostraciones
 - <https://www.youtube.com/live/RAdiXrki6WM?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/3nnSUcLxm5o?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/-dHM52oFzMs?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/Rnxle720BaE?feature=share>
- Taller de Ciencia de datos en salud, contaminantes y medio ambiente (Mérida, Yucatán).
 - Evidencias de los talleres
 - <https://1drv.ms/u/s!AtMgnjYpElvzgeApZWFSjmsU-ZFxHQ?e=WKNtrY>
 - Conferencias y demostraciones
 - https://www.youtube.com/live/oqlc_zJFMyM?feature=share
 - <https://www.youtube.com/live/2U-NWcu68sg?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/0FHt01JwrRk?feature=share>
 - <https://www.youtube.com/live/KvsQZZ8QH8c?feature=share>

3. Productos Científicos

- Artículos de congreso internacional
 - Carrizales-Espinoza, D., Sánchez-Gallegos, D. D., Gonzalez-Compean, J. L., Carretero, J., & Marcelin-Jimenez, R. (2022, March). SeRSS: a storage mesh architecture to build serverless reliable storage services. In 2022 30th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing (PDP) (pp. 88-91). IEEE.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/265>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzq4x-AKnE7VazxZKo3Q?e=cMAnI0>
 - Torres-Charles, C. A., Carrizales-Espinoza, D. E., Sanchez-Gallegos, D. D., Gonzalez-Compean, J. L., Morales-Sandoval, M., & Carretero, J. (2022, September). SecMesh: An efficient information security method for stream processing in edge-fog-cloud. In Proceedings of the 2022 7th International Conference on Cloud Computing and Internet of Things (pp. 8-16).
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/264>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzq40DyzmvUEUV-9xnA?e=Wwl3uZ>
 - Carrizales-Espinoza, D., Gonzalez-Compean, J. L., & Morales-Sandoval, M. (2022, August). Zamna: a tool for the secure and reliable storage, sharing, and usage of large data sets in data

- science applications. In 2022 IEEE Mexican International Conference on Computer Science (ENC) (pp. 1-8). IEEE.
- <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/266>
 - https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg4x9_4LDRn2up3_etg?e=ZUhE53
 - Garcia, J. C. M., Lugo, J. A. B., Compean, J. L. G., Arevalo, I. L., Carretero, J., & Oropeza, M. C. (2022, September). Data and task orchestration defined by spatio-temporal variables for healthcare data science services. In Proceedings of the 9th International Conference on Bioinformatics Research and Applications (pp. 95-101).
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/261>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40ldVrgbgkyekVvKHA?e=dVWRza>
 - Sanchez-Gallegos, G., Sánchez-Gallegos, D. D., Gonzalez-Compean, J. L., & Carretero, J. (2022, May). On the building of self-adaptable systems to efficiently manage medical data. In 2022 22nd IEEE International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGrid) (pp. 985-992). IEEE.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/263>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg4x7QQQuVe8i5k1mJzA?e=fW8leA>
 - Artículos de revista
 - Lopez-Arevalo, I., Gonzalez-Compean, J. L., Hinojosa-Tijerina, M., Martinez-Rendon, C., Montella, R., & Martinez-Rodriguez, J. L. (2021). A wot-based method for creating digital sentinel twins of iot devices. Sensors, 21(16), 5531.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/233>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40Bd2NumZVWlab4gw?e=27bi6x>
 - Carrizales-Espinoza, D., Sanchez-Gallegos, D. D., Gonzalez-Compean, J. L., & Carretero, J. (2022). FedFlow: A federated platform to build secure sharing and synchronization services for health dataflows. Computing, 1-19.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/268>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40ERxR0jtMzXgk0A?e=OKcGRO>
 - On the Efficient Delivery and Storage of IoT Data in Edge–Fog–Cloud Environments. Lopez-Arevalo, I., Gonzalez-Compean, J. L., Hinojosa-Tijerina, M., Martinez-Rendon, C., Montella, R., & Martinez-Rodriguez, J. L. (2021). A wot-based method for creating digital sentinel twins of iot devices. Sensors, 21(16), 5531.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/232>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40F4gD8Kk7KYhk-SQ?e=3rAymn>
 - Sanchez-Gallegos, D. D., Gonzalez-Compean, J. L., Carretero, J., Marin, H., Tchernykh, A., & Montella, R. (2022). PuzzleMesh: A puzzle model to build mesh of agnostic services for edge-fog-cloud. IEEE Transactions on Services Computing.
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/269>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg40A5To4DDOuuy8hBg?e=geahtv>
 - Xel: A cloud-agnostic data platform for the design-driven building of high-availability data science services (2023). Juan Armando Barrón Lugo, Jose Luis Gonzalez, Ivan Lopez-Arevalo, Jesus Carretero and Jose L. Martinez-Rodriguez. Future Generation Computer Systems.(bajo revisiones menores en preparación para publicación)
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg5YVJoRy-6lqt9XtyQ?e=uzbR2H>
 - Libro
 - Big Data en Salud: Tecnologías emergentes y aplicaciones
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg48Yq0FpAP1wX3WZHw?e=q72ldj>
 - Capítulo de libro
 - Plataforma Tecnológica para la Gestión, Aseguramiento, Intercambio y Preservación de Grandes Volúmenes de Datos en Salud: Muyal-Ilal
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/271>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg48aHuqDb1BGqgBLg?e=E2Wdnh>
 - Xelhua: una plataforma para la creación de sistemas de ciencia de datos bajo demanda
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/273>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg48XYUEdm9itWXXc-g?e=o5fvxw>
 - Muyal-Chimalli: Servicio para el acceso seguro y confiable a datos sensibles
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/270>
 - <https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg48ZoS2INffXlcpow?e=tFk9by>
 - Muyal-Nez: Servicios Agnósticos para la Creación de Sistemas de Ciencia de Datos en E-salud
 - <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/272>

- https://1drv.ms/b/s!AtMgnjYpElvzg48bt_0b-t9Zj3WfsQ?e=OfWstL

4. Muyal-Ilal: : Plataforma tecnológica para la gestión, aseguramiento, intercambio y preservación de grandes volúmenes de datos en salud y construcción de un repositorio nacional de servicios de análisis de datos de salud

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los productos relacionados al sistema Muyal-Ilal.

a. Muyal-Nez: Servicio de construcción de sistemas de e-salud

Muyal-Nez es un conjunto de servicios que permite a las organizaciones de salud y la comunidad científica crear sistemas de e-Salud agnósticos de la infraestructura para el procesamiento y manejo de grandes volúmenes de datos médicos.

Muyal-Nez permite crear sistemas de e-Salud de forma automática mediante interfaces gráficas y sin tener conocimientos avanzados de programación. Dichos sistemas de e-Salud se crean mediante el encadenamiento de dos o más aplicaciones para el procesamiento y manejo de datos médicos. Además, los servicios de e-Salud pueden ser manejados internamente por una organización (servicio de e-Salud intra-institucional) o por múltiples organizaciones (servicio de e-Salud inter-institucional).

Los servicios de e-salud construidos con Muyal-Nez tienen las siguientes características:

Modularidad: los sistemas de e-salud se encuentran construidos utilizando abstracciones conocidas como bloques de construcción. Dichos bloques de construcción son autónomos e independientes, por lo que no afectan el funcionamiento de otros bloques, por lo tanto, pueden ser reemplazados por otros bloques de construcción sin necesidad de construir un sistema de e-salud nuevo.

- **Agnosticidad:** tanto los sistemas de e-salud, como los bloques de construcción que conforman estos sistemas, son agnósticos. Es decir, estos sistemas pueden ser desplegados en diferentes infraestructuras sin necesidad de hacer cambios en el código de las aplicaciones. Los sistemas de e-salud pueden ser desplegados en diferentes plataformas y sistemas operativos, por ejemplo, en sistemas Windows o Linux, ya sea en una computadora personal o en la nube.
- **Eficiencia:** los sistemas de e-salud construidos integran patrones de paralelismo implícitos, los cuales mejoran la eficiencia para procesar datos reduciendo los tiempos de respuesta de las aplicaciones.
- **Portabilidad:** los sistemas de e-salud construidos pueden ser trasladados de una infraestructura a otra sin requerir hacer cambios en el sistema o las aplicaciones.
- **Reusabilidad:** mediante el repositorio y catálogo de sistemas y aplicaciones, es posible que una organización reutilice un sistema de e-salud (o parte de él).

Muyal-Nez incluye los siguientes productos:

- Un esquema de construcción de cripto-contenedores de datos y cripto-contenedores de aplicaciones.
- Un esquema de despliegue de e-Servicios independientes de la infraestructura.
- Un esquema de bloques de construcción de flujos de trabajo y servicios de e-Salud basado en mapas de microservicios y nanoservicios.

Importante: Para más información acerca del sistema Nez, refiérase al reporte técnico "[Nez: servicios de construcción de sistemas de e-salud](#)".

b. Muyal-Xelhua: Servicio de ciencia de datos de alta disponibilidad y tolerante a fallos

Xelhua es un sistema de big data agnóstica para la construcción, asistida por el diseño, de servicios de ciencia de datos de alta disponibilidad para la toma de decisiones basada en datos. El sistema Xelhua consta de cuatro componentes principales:

1. Un marco de diseño de alto nivel. Permite seleccionar diferentes herramientas de análisis de datos y de aprendizaje automático a partir de una malla de servicios acoplados en pipelines de procesamiento. El sistema Xelhua implementa un servicio de diseño impulsado por datos (figura 1, desarrollo), permitiendo crear pipelines de big data de alto nivel, lo que produce grafos acíclicos dirigidos (DAG, por sus siglas en inglés).
2. Un nuevo modelo de procesamiento de Extracción-Transformación-Carga (ETL³, por sus siglas en inglés) recursivo. Permite al sistema Xelhua convertir automáticamente los diseños de pipelines en estructuras de software independientes a la infraestructura, basándose en el DAG producido en la fase de diseño. ETL, es un proceso de integración de datos que extrae, transforma y carga datos de múltiples fuentes a un almacén de datos o a otro repositorio de datos unificado. Este modelo se encarga de encapsular las aplicaciones analíticas de datos, en imágenes de software genéricas agnósticas a la infraestructura, denominadas ABox, que incluyen las dependencias, bibliotecas y sistemas operativos requeridos por las aplicaciones analíticas para ser ejecutadas en una plataforma de contenedores virtuales (figura 1, desarrollo). Estas imágenes también incluyen interfaces de entrada/salida para interconectar diferentes estructuras ABox, creando los pipelines.
3. Un modelo de orquestación para gestionar de forma transparente la entrega y recuperación de datos a lo largo de cada fase de los pipelines de procesamiento. Este modelo garantiza que el intercambio de datos se orqueste siguiendo la dirección de las aristas del DAG (figura 1, ejecución)).
4. Un modelo descentralizado que enmascara automáticamente los incidentes de indisponibilidad de los servicios para reducir los efectos secundarios del bloqueo del proveedor relacionados con los cortes o la indisponibilidad de los datos y la infraestructura. Este modelo se basa en esquemas de gestión de datos y eventos, implementados en un software que se incrusta en las estructuras ABox. Estos esquemas de gestión de eventos cumplen con los requisitos no funcionales (NFR, por sus siglas en inglés) para garantizar el funcionamiento continuo de los servicios de big data mediante la creación de redes P2P (figura 1, operación).

³ Extraction-Transformation-Load

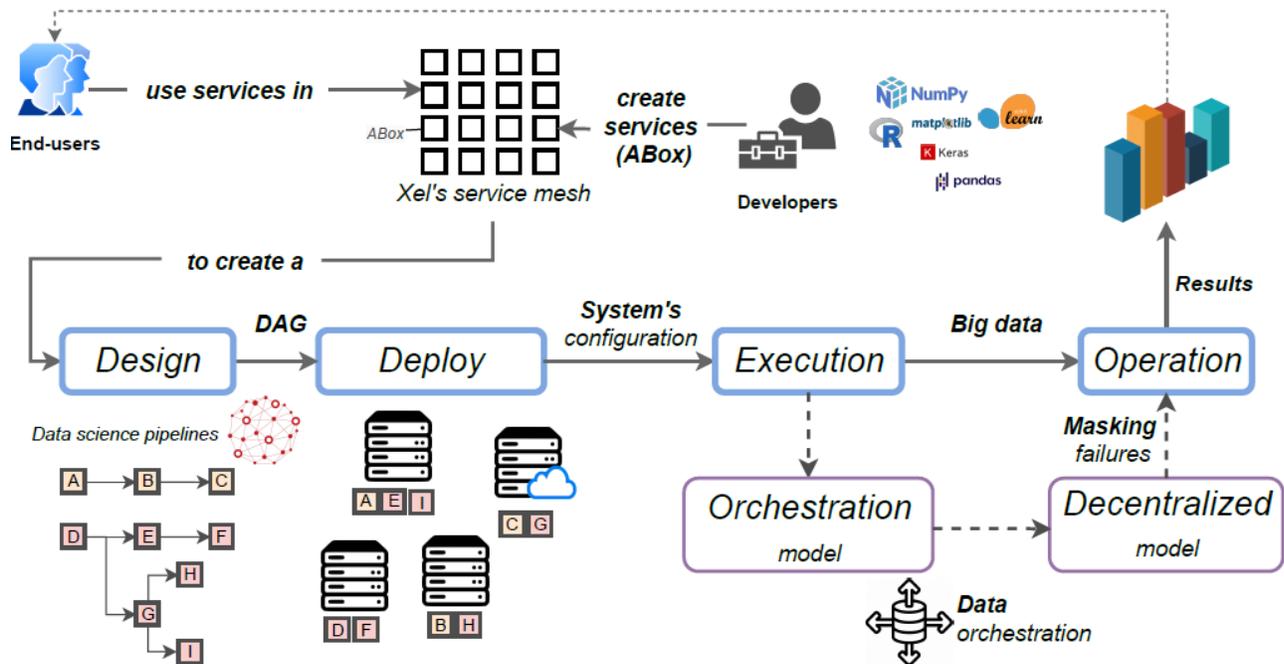


Figura 1. Representación gráfica de la metodología diseñada para el sistema Xelhua

El sistema Xelhua permite construir soluciones de alto nivel a través de un esquema impulsado por el diseño, convirtiendo automáticamente los diseños de pipelines en servicios de ciencia de datos agnósticos y de alta disponibilidad en la nube, desplegados en múltiples infraestructuras para hacer frente a los efectos secundarios del bloqueo del proveedor. En tiempo de ejecución, un motor de orquestación crea flujos de datos continuos, mientras que un modelo descentralizado garantiza las operaciones continuas de estos servicios de big data enmascarando los fallos detectados, como la indisponibilidad de aplicaciones y datos.

Importante: Para más información acerca del sistema Xelhua, refiérase al reporte técnico "[Xelhua: sistema agnóstico en la nube para la construcción de soluciones de big data basada en el diseño de servicios de ciencia de datos de alta disponibilidad y tolerante a fallos](#)".

c. Muyal-Chimalli: Servicio que permite a las instituciones de salud, profesionales de la salud, pacientes y/o comunidad científica acceder a los servicios de e-salud y/o sistemas de analítica

Muyal-Chimalli es un servicio que permite a las instituciones de salud, profesionales de la salud, pacientes y/o comunidad científica acceder de forma segura a los servicios de e-salud y/o sistemas de analítica. Para ello, cuenta con un sistema de almacenamiento eficiente y tolerante a fallos, y una red de distribución segura de contenidos sensibles. Muyal-Chimalli garantiza que los datos y los tomadores de decisiones sean aptos para realizar procesos de análisis y/o expuestos. Permite validar y registrar de eficientemente las operaciones realizadas en el servicio de e-salud, ya que cada operación o modificación a los datos es registrada en la blockchain de forma automática. Además, gestiona y verifica automáticamente contratos inteligentes y transacciones.

Muyal-Chimalli permite cumplir en un 70% las normas ISO 27001-13, NISTy COBIT para el transporte e intercambio de datos sensibles. Sin estos servicios, este porcentaje baja al 20% considerando solo tolerancia a

fallos. Muyal-Chimalli asegura el anonimato de los datos, así como la confidencialidad mediante el cifrado de los datos entrantes y salientes de los sistemas de e-Salud. Además, permite detectar alteraciones en los datos. También permite la gestión automática de contratos inteligentes, la gestión automática de transacciones y la verificabilidad de transacciones de forma confidencial. Chimalli provee a los datos de las características de confiabilidad, eficiencia, integridad, confidencialidad y seguridad.

Muyal-Chimalli transporta y almacena los datos de forma eficiente mejorando los tiempos de respuesta hasta 10.22x veces. También reduce costos de almacenamiento en la nube hasta en un 70%, y permite compartir información sensible con profesionales de la salud externos a la organización principal.

Este servicio agrega seguridad a los sistemas de e-salud de forma automática para:

- Cumplir normas internacionales: sin programación ni extensos conocimientos sobre computación.
- Asegurar la confidencialidad de los datos: solo aquellas personas autorizadas tienen acceso a los datos.
- Evitar fugas de datos sensibles: los datos almacenados y transportados son anónimos

Muyal-Chimalli incluye los siguientes productos:

1. Servicios de preparación y recuperación de datos médicos configurables que incluya los requerimientos de seguridad, trazabilidad, integridad y eficiencia.
2. Mecanismos de trazabilidad de datos basados en blockchain.
3. Mecanismos de control de acceso de usuarios.
4. Servicios de validación de normas oficiales mexicanas y protocolos DICOM/HL7.
5. Un servicio que permite la utilización de técnicas de criptografía de siguiente generación para la transformación de datos en objetos seguros.

Importante: Para más información acerca del sistema Chimalli, refiérase al reporte técnico "[Muyal-Chimalli: Servicio que permite a las instituciones de salud, profesionales de la salud, pacientes y/o comunidad científica acceder a los servicios de e-salud y/o sistemas de analítica](#)".

d. Muyal-Painal: Servicio para el intercambio seguro y confiable de datos médicos

Painal es un conjunto de servicios y sistemas desarrollados para que las organizaciones de salud y la comunidad científica puedan i) almacenar, distribuir y localizar sistemas o servicios de procesamiento a través de catálogos de servicios ii) generar soluciones que permitan brindar usabilidad costo-beneficio del almacenamiento y transporte de datos y iii) almacenar, publicar y transmitir repositorios de datos de manera local (intra-institucional) y federada (inter-institucional) utilizando un modelo de publicación/suscripción.

Painal permite crear catálogos de servicios en las cuales las organizaciones pueden colocar sus sistemas, servicios o aplicaciones para que otras instituciones de la federación puedan descargar y utilizar.

Por otro lado, para almacenar los resultados producidos por sus servicios y aplicaciones es necesario generar sistemas de almacenamiento que consideren las características de costo-beneficio del almacenamiento y transporte de datos. Painal ofrece una arquitectura de malla para generar el almacenamiento de datos considerando los recursos disponibles en la infraestructura de la organización que la está utilizando.

Por último, Painal permite crear catálogos de datos para el almacenamiento y compartición de datos entre múltiples organizaciones de forma segura. Dentro de los catálogos de datos se pueden almacenar los datos sin procesar o los resultados obtenidos por algún tipo de procesamiento. Cuenta con un mecanismo de publicación/suscripción que permite generar catálogos de datos, agregar nuevos datos a dichos catálogos y descargar el contenido de estos. Todo el proceso de publicación y suscripción se basa en la utilización de tokens de acceso que permiten verificar la entidad de las organizaciones de la federación y los permisos que tienen para acceder a los catálogos.

Painal se compone por los siguientes productos:

1. Servicio manejador de catálogos para la carga y descarga de servicios.
2. Mecanismo para el almacenamiento en la nube que brinda usabilidad costo-beneficio para el almacenamiento y transporte de datos.

Servicio de publicación suscripción para el manejo de catálogos, fuentes y repositorios de datos.

Importante: Para más información acerca del sistema Painal, refiérase al reporte técnico "[Muyal-Painal: Servicio para el intercambio seguro y confiable de datos médicos](#)".

e. Muyal-Alwa: Repositorio de servicios, datos, contenidos y resultados producidos por sistemas de e-salud

Muyal-Alwa es un repositorio de servicios de intercambio, preservación, aseguramiento y análisis de datos clínicos para la plataforma Muyal-Ilal, así como para otros sistemas de e-salud relacionados a la plataforma. Muyal-Alwa se compone de repositorios localizables, accesibles, interoperables y reutilizables (FAIR⁴, por sus siglas en inglés), permitiendo que instituciones de salud publiquen datos clínicos que posteriormente puedan ser reutilizados por la misma institución, la comunidad científica, y/o profesionales de la salud.

El repositorio de servicios Myal-Alwa está basado en los principios FAIR que permite la compartición de datos abiertos. Estos principios no solo se centran en los datos, sino que también se esperan ser aplicados en los metadatos, identificadores, software y planes de gestión de datos haciendo que todos estos elementos permitan que los datos sigan los principios FAIR.

La aplicación de los principios FAIR para la gestión de datos de investigación permite el desarrollo del conocimiento a través de la integración y reutilización de datos publicados por la comunidad científica. A continuación, se detalla cada uno de los principios en los que se basa FAIR:

- Localizable (Findability): Los conjuntos de datos deben describirse, identificarse, y registrarse o indexarse de forma clara e inequívoca.
- Accesible (Accessibility): Los conjuntos de datos deben seguir un proceso de acceso claramente definido. Los metadatos deben permanecer siempre accesibles.
- Interoperable (Interoperability): Los datos y metadatos se conceptualizan, expresan y estructuran utilizando normas comunes aprobadas por la comunidad científica.
- Reutilizable (Reusability): Las características de los datos y la información de procedencia se describen detalladamente de acuerdo con las normas comunitarias pertinentes, con condiciones de uso claras y accesible.

Las condiciones para aplicar responsablemente los principios FAIR de gestión de datos son:

- Facilitar el intercambio y la reutilización de datos.
- Tener en cuenta las opciones de diseño.
- Respetar el derecho de los participantes.

Importante: Para más información acerca del sistema Alwa, refiérase al reporte técnico "[Muyal-Alwa Repositorio de servicios, datos, contenidos y resultados producidos por sistemas de e-salud](#)".

⁴ Findable, Accessible, Interoperable, Reusable