

Temática: **Simposio Internacional de Transformación Digital**

Interoperabilidad habilitadora para la transformación digital

Enabling interoperability for digital transformation

Lucia de las Mercedes González Rodríguez¹, Yuniel Silva Menéndez¹

¹ Universidad de Ciencias Informáticas Carretera de San Antonio de los Baños, Km 2 1/2, Torrens, 17100 · ~27,9 km Boyeros, La Habana, Cuba. lucia911013@gmail.com, ysilvaaveitia@tm.cupet.cu

* Autor para correspondencia: lucia911013@gmail.com

Resumen

La transformación digital en la sociedad moderna más que una opción se ha convertido en una necesidad dado las ventajas que se pueden obtener de en términos de gestión de empresas, comercio electrónico y de gobierno.

En este ámbito Cuba trabaja sobre la Política integral para el desarrollo en la sociedad cubana la cual rige el proceso de perfeccionamiento de informatización y establece las etapas para su cumplimiento. A pesar de los avances alcanzado en los procesos de modernización y desarrollo de las soluciones informáticas con la que se cuentan en el país no se ha trabajado lo suficiente para lograr la interoperabilidad de los mismos.

La interoperabilidad hace referencia a la capacidad o nivel de intercambio de información que pueden alcanzar un grupo de sistemas partiendo de un formato y tecnologías establecidas, logrando un intercambio homogéneo de información. En este artículo se definen conceptos en el entorno de la interoperabilidad como proceso indispensable para la implementación del gobierno electrónico. Se analizan diferentes situaciones planteadas por especialistas en el tema, que evidencian la necesidad de lograr un proceso de intercambio de datos efectivo y coherente entre soluciones informáticas. Se hace una revisión exhaustiva de la bibliografía relacionada para llegar a las soluciones propuestas.

Palabras clave: interoperabilidad; gobierno electrónico; modelos de interoperabilidad; interoperabilidad organizacional; interoperabilidad semántica; interoperabilidad técnica

Abstract

The digital transformation in modern society, more than an option, has become a necessity given the advantages that can be obtained in terms of business management, sales and government.

In this area, Cuba is working on the Integral Policy for improvement in Cuban society, which governs the process of improvement of computerization and establishes the stages for its fulfillment. Despite the progress achieved in the processes of modernization and development of the computer solutions that are available in the country, not enough work has been done to achieve their interoperability. Interoperability refers to the capacity or level of information exchange that a group of systems can achieve based on an established format and technologies, achieving a homogeneous exchange of information.

This article defines concepts in the interoperability environment as an essential process for the implementation of electronic government. Different situations raised by specialists in the subject are analyzed, which show the need to achieve an effective and coherent data exchange process between computer solutions. An exhaustive review of the related bibliography is made to arrive at the proposed solutions.

Keywords: interoperability; electronic government; interoperability models; organizational interoperability; semantic interoperability; technical interoperability.

Introducción

A pesar de que muchos países desarrollados como Estonia Alemania, Dinamarca, Australia y Estados Unidos por solo nombrar algunos han logrado un alto nivel de interoperabilidad entre sus sistemas informáticos; la interoperabilidad sigue siendo un reto inclusive para países con alto nivel tecnológico. La participación del estado y sus instituciones, así como la necesidad de una línea organizacional, semántica y tecnológica común para todos sigue siendo el principal obstáculo.

Durante la COVID-19 se vio un aumento considerable en el desarrollo e implementación de soluciones informáticas vinculadas al área empresarial, de gestión de gobierno y comercio electrónico en Cuba. Sin embargo, la capacidad de intercambio de información entre estas aplicaciones es un problema que continúan creciendo a medida que las instituciones siguen creando sus propios sistemas informáticos.

A pesar de la prioridad del tema, el país tiene un retraso en cuanto a la necesaria transformación digital. Se necesita una mayor cohesión de los esfuerzos que apunten estratégicamente en esa dirección. Existen numerosas iniciativas y acciones, y es un hecho que más del 60% de los cubanos ya están conectados a Internet a inicios del 2020.

No hay esquemas de interoperabilidad a nivel estatal, y los datos sobre un mismo tema pueden venir de distintas fuentes, por lo que no se cumplen los principios de integridad y fuente única; se necesita el rediseño de los procesos de gobierno y productivos para que sea factible su informatización y automatización. Los temas de seguridad, tan importantes en estos momentos y en un país asediado como Cuba, no se atienden con la adecuada profundidad, siendo insuficiente su tratamiento en ocasiones y, en otras, excesivo, convirtiéndose en freno al desarrollo. (Ciencia & Innovacion, n.d.)

La necesidad de una normalización en la creación, tratamiento y salva de los datos, es crucial para la futura gestión y aplicación de técnicas avanzadas de procesamiento de información. No abordar este tema constituye no solo un obstáculo sino también un retroceso en la implementación del gobierno digital.

Por ello, en este trabajo se introduce un modelo, con enfoque federado, de interoperabilidad para intercambiar datos, donde permita tener información en tiempo real, distribuida, sin duplicidad, transparente al usuario y de fácil implementación para sistemas y plataformas heterogéneas y heredadas.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Durante la investigación se realizaron revisiones bibliográficas para caracterizar el contexto en que se realiza la propuesta y para definir el surgimiento y desarrollo del problema científico.

Se estudiaron las experiencias en distintos países de América Latina, así como las buenas prácticas utilizadas. Se consultaron diferentes fuentes de información entre normas, reportes técnicos, revistas especializadas, memorias de conferencias, y tesis doctorales. Para restringir el dominio de la investigación se utilizaron ecuaciones de búsqueda con términos específicos del tema a investigar, como Interoperabilidad, Interoperabilidad semántica, Interoperabilidad técnica e Interoperabilidad organizacional. A partir de estas búsquedas se aplicaron criterios de selectividad para utilizar solo documentos relevantes para la investigación.

Resultados y discusión

La interoperabilidad es definida por El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) como “(...) la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada” (IEEE, 91, pp. 1-217).

Según la Comisión Europea es “la habilidad de los sistemas TIC, y de los procesos de negocios que ellas soportan, de intercambiar datos y posibilitar compartir información y conocimiento”. En los estudios europeos el análisis del fenómeno de interoperabilidad se desarrolla con base en una tipología que considera los siguientes cuatro aspectos relevantes: semánticos, organizacionales, técnicos y de gobernanza. (CEPAL, 2007)

Niveles de interoperabilidad

Los niveles de interoperabilidad de un modelo son los conceptos, las abstracciones o categorías que distinguen una taxonomía relacionada con la interoperabilidad. Estos niveles se utilizan para definir las capacidades que han de cumplir los sistemas para alcanzar un determinado grado de interoperabilidad.(Manso et al., 2008)

Nivel semántico

Se ocupa de asegurar que el significado preciso de la información intercambiada sea entendible sin ambigüedad por todas las aplicaciones que intervengan en una determinada transacción y habilita a los sistemas para combinar información recibida con otros recursos de información y así procesarlos de forma adecuada. (CEPAL, 2007)

La interoperabilidad semántica, a su vez, está dividida en dos grandes clases, la de procesamiento distribuido, y la global. La diferencia entre estas clases está en los estándares que aplican y en la forma en que están diseñados los sistemas.

La interoperabilidad semántica global implica que los sistemas serán capaces de comunicarse con otros sistemas e interpretar correctamente la información de estos, sin haber estado diseñados para hacerlo.

Esto es posible gracias a la aplicación de estándares para la definición de conceptos y de reglas lógicas que permiten ejecutar deducciones sobre la información de los conceptos, permitiendo que los sistemas puedan descubrir y analizar nueva información, incluso si no estaban diseñados para hacerlo. Esta característica de aprendizaje automático tiene mucho valor para las áreas de toma de decisiones e investigación.

Por otra parte, el procesamiento distribuido es la forma más común de interoperabilidad semántica. Esta implica que los sistemas son implementados para cumplir con estándares de comunicación e interpretación de la información que no son capaces de realizar deducciones lógicas. Estos sistemas implementan de forma rígida un conjunto de estándares de intercambio de información donde se acuerda previamente qué información se intercambia, con qué formato y mediante qué protocolo, entre otros aspectos. El nombre procesamiento distribuido se refiere a que la información generada en un sistema se comunica a otro que la procesa para generar algún tipo de resultado de valor. Tiene dos niveles bien diferenciados: el primero es el de la interoperabilidad para la visualización y el segundo, el de la interoperabilidad para el procesamiento.

Interoperabilidad semántica para la visualización

La visualización de información es una de las necesidades más comunes en los sistemas de información en salud. Para la correcta interpretación de la información que se visualiza en un sistema distinto al que se genera la información, existen tres aspectos fundamentales a tener en cuenta:

- Se debe conocer la mejor forma de mostrar la información.
- Se debe conocer la forma en que el usuario está acostumbrado a ver la información.
- Se debe conocer el dispositivo que se emplea para visualizar la información.

El primer punto hace referencia a que la forma de ver la información depende de su contenido; es decir, que cada tipo de información tiene una forma distinta de visualizarse. A su vez, la misma información puede visualizarse de distintas

formas según el contexto. Existe información que se muestra mejor como texto libre, otra es mejor mostrarla en forma de tablas, mediante gráficos de barras u otros.

El segundo punto alude a que la cultura o usos locales donde se produce la información pueden ser diferentes de aquellos donde se visualiza dicha información, y esta variación debe ser tomada en cuenta si se desea que la información visualizada sea interpretada correctamente.

El tercer punto es cada vez más común en estos días dado que existe gran cantidad de dispositivos (por ejemplo, teléfonos inteligentes, palms, tablet PC, netbooks, notebooks, computadoras de escritorio y otros) y en cada uno de ellos puede visualizarse la información proveniente de múltiples sistemas.

Interoperabilidad semántica para el procesamiento

El procesamiento automático de la información es uno de los principios básicos de la informática. Los objetivos del procesamiento automático de la información son diversos e incluyen:

- Evaluación de la calidad: corrección y completitud de la información.
- Cálculos: indicadores (agregación), promedios, tiempos y demoras.
- Búsqueda: información de un paciente, fuentes bibliográficas relacionadas y evidencia.
- Derivación: análisis para encontrar nueva información a partir de la actual.
- Soporte a la toma de decisiones: verificación de reglas, alarmas, extrapolación de tendencias y predicción de probabilidades basada en la historia reciente.
- Estructuración: para el procesamiento, consolidación, comunicación, almacenamiento y análisis.

Nivel organizacional

Se ocupa de definir los objetivos de negocios, modelar los procesos y facilitar la colaboración de administraciones que desean intercambiar información y pueden tener diferentes estructuras organizacionales y procesos internos. (CEPAL, 2007)

Para lograrla se deben especificar las reglas de negocio, los procesos y los actores que participan. Para definir estas reglas se requiere analizar distintos ámbitos dentro de una organización; sus necesidades, estructura, responsabilidades

y productos. La única manera de tener una visión de toda la institución es mediante la definición formal de sus componentes, de la información que generan y consumen.(Indarte & pazos gutiérrez, 2012)

Nivel técnico

Cubre las cuestiones técnicas (hardware, software, telecomunicaciones), necesarias para interconectar sistemas computacionales y servicios, incluyendo aspectos clave como interfaces abiertas, servicios de interconexión, integración de datos y middleware, presentación e intercambio de datos, accesibilidad y servicios de seguridad. (CEPAL, 2007)

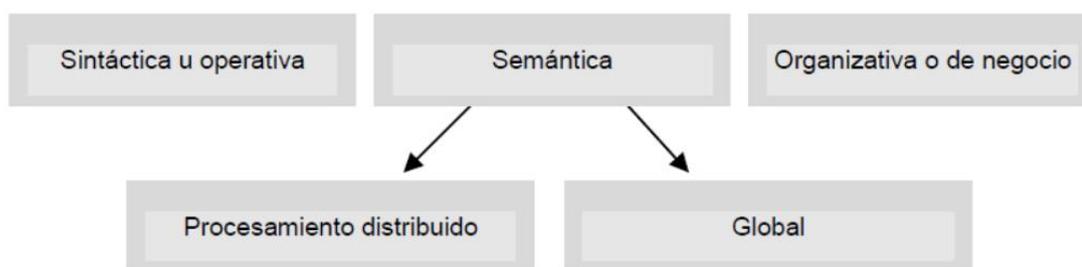


Diagrama 1: Tipos de Interoperabilidad (Indarte & pazos gutiérrez, 2012)

Interoperabilidad en el estado

La interoperabilidad en el Estado parte de la base de que la ciudadanía y empresas entran en contacto con el Estado para adquirir y ejercer derechos o cumplir obligaciones, pretendiendo obtener un resultado específico a través de la realización de trámites que se requieran o deban realizar en las entidades públicas.

Bajo un escenario funcional de interoperabilidad, cuando una entidad requiera comprobar la existencia de alguna circunstancia necesaria para la prestación de un servicio que obre en otra entidad, no debe solicitarle dicha información al usuario, sino que deberá obtenerla de la entidad respectiva, a través de un mecanismo digital para el intercambio de información, sin que esto genere costo alguno para la entidad que solicita la información. (MinTIC,2019)

En el contexto de la transformación digital, la adopción oportuna y armonizada de normas desempeña un papel clave, ya sea como medio para promover la interoperabilidad, la productividad y la innovación, o para garantizar la implementación de soluciones a nivel global. (Normas y Transformación Digital, 2021)

La normalización en la interoperabilidad

Para lograr un nivel de implementación de la interoperabilidad se hace imprescindible la adopción de normas que garanticen no solo un entendimiento global de todos los sistemas sino un aumento en la productividad y la innovación. La definición de estos estándares tecnológico sigue siendo un verdadero reto cuando se analiza la interoperabilidad a nivel internacional y aún más en Cuba. Como parte de la digitalización de muchas de las actividades que se realizan a nivel empresarial y de gobierno ha sobresalido una alta tendencia por parte de las organizaciones estatales y no estatales a la creación de paquetes de aplicaciones donde solo se garantiza la interoperabilidad entre ellas, siendo esta una concepción errónea del concepto de interoperabilidad.

Esto, aunque responde en gran medida al llamado a la creación de sistemas informáticos que agilicen los procesos de gestión en todas las esferas del país, el hecho de que no existe una norma para la salva y tratamiento de los datos que permita su reutilización por terceros con la autorización pertinente, constituye un retroceso hacia la implementación de la interoperabilidad.

Por esto es necesario crear una conciencia a nivel de país sobre la importancia del establecimiento de normas tecnología y procedimientos que permita garantizar este principio tan importante en la gobernanza digital.

A nivel internacional, aunque el mundo ha sido testigo de un aumento en las actividades de normalización relacionadas con las tecnologías digitales en los últimos años, esta sigue sin satisfacer las necesidades de los productores, consumidores y reguladores, y sigue concentrándose a nivel nacional, dejando gran margen para la utilización y armonización internacional. (Normas y Transformación Digital, 2021)

Las normas tienen el potencial de contribuir a la gobernanza de la transformación digital. Para liberar este potencial, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Se necesita una estrategia sólida para comprender las implicaciones de las tecnologías actuales y futuras y para configurar la transformación digital por el bien de las personas, sus necesidades y el planeta.
- Los desarrolladores de normas en todo el mundo deben trabajar como comunidad para ofrecer objetividad, credibilidad y transparencia en su trabajo de normalización y así garantizar que sus resultados sean comprensibles y útiles.

- Es necesaria la colaboración y la cooperación técnica entre los desarrolladores de normas de todo tipo para garantizar la selección más completa, de alta calidad y actualizada de normas para las tecnologías digitales, promoviendo un alto nivel de convergencia. (Normas y Transformación Digital, 2021)

Pasos para la implementación de la interoperabilidad propuestos por ILPES

Para el análisis de la implementación de la interoperabilidad en este artículo, se hace uso de la propuesta de implementación realizada por el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) al gobierno de Costa Rica a través del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT).

A partir de esta colaboración se generó un modelo de ocho pasos ampliable a cualquier estado.



Diagrama2: Pasos de implementación de la interoperabilidad establecidos por el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social

Modelos de interoperabilidad propuestos por ILPES

El paso número 8 en la propuesta del ILPES establece tres modelos a seguir por los países que empiezan a incorporar la interoperabilidad a sus sistemas como paso inicial en este proceso. La efectividad de cada modelo dependerá de las competencias y dedicación de personal que participe en esta actividad, así como la capacidad tecnológica de las entidades que participen en este proceso.

Interoperabilidad bilateral o descentralizada

En este tipo de interoperabilidad, cada institución establece acuerdos con otras para intercambiar datos, en general a través de un cruce de archivos.

Aquí, sin embargo, se originan problemas como la duplicación de archivos y un desorden en la consistencia de los datos, además de constatarse la existencia de acuerdos con múltiples instituciones que a su vez cruzan datos con otras entidades. Si bien este intercambio bilateral constituye un buen primer paso, es necesario evolucionar rápidamente hacia modelos más sostenibles, con un mejor esquema de calidad de datos y de reusabilidad de las integraciones. (Naser (coord.), 2021)

Interoperabilidad Central

Consiste en montar una gran base de datos a la que todas las instituciones participantes aportan información según las necesidades y donde a su vez pueden solicitar datos. Este tipo de interoperabilidad tiene la ventaja de que los datos están centralizados en un solo lugar y son consistentes. Sin embargo, todavía existe un riesgo elevado de que haya duplicados e inconsistencias entre ellos, debido a que se encuentran tanto en la institución productora como en la base central. Otra desventaja de esta modalidad es que, aunque posibilita hacer consultas de datos, no permite actualizarlos en la fuente o en la institución que los produce pues estas no son interoperables entre sí. (Naser (coord.), 2021)

Interoperabilidad federada con datos en la fuente

Es el modelo más ampliamente aceptado. En este tipo de interoperabilidad, cada institución u organismo produce sus datos e interopera con un ente rector federado. Este, a su vez, canaliza las transacciones hacia el organismo consumidor que solicita los datos y también genera transacciones de actualización de información de una institución u organismo a otro. El sistema federado registra las transacciones que circulan por su intermedio, pero no almacena bases de datos salvo en aquellos casos en que son necesarias para generar informes que competen a su función federada. (Naser (coord.), 2021)

Si se realiza un análisis de los tres modelos antes expuestos por la ILPES se puede constatar la importancia de establecer un estándar para el almacenamiento de la información. La falta de un esquema de datos, la duplicación de la información por encontrarse en dos fuentes diferentes con diferente formato son algunos de las problemáticas más comunes en el intercambio de información entre sistemas.

Para abordar esta limitación potencial de la duplicación de información, es necesario **establecer políticas y estándares claros de gestión de datos** que definan cómo se deben manejar los datos en cada sistema, incluyendo cómo se pueden compartir y utilizar los datos de manera segura y eficiente, **implementar herramientas de gestión de datos** para ayudar a los sistemas a descubrir y acceder a los datos en la fuente, **utilizar técnicas de virtualización de datos** que permiten que los sistemas accedan a los datos en tiempo real, sin necesidad de duplicarlos y **establecer acuerdos de gobernanza de datos para** garantizar que los sistemas cumplan con las políticas y estándares de gestión de datos establecidos.

De los tres modelos antes expuestos, la interoperabilidad federada con datos en la fuente sobresale por ser la que más se ajusta a la realidad que se experimenta con las soluciones informáticas en Cuba donde cada aplicación cuenta con una base de datos propias y con un formato para gestionar la información muy específica de la institución donde se desarrolla. Para lograr esto cada organismo debe regirse por un solo standard garantizándose un camino seguro hacia la interoperabilidad de los sistemas.

El principio **FAIR** (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) es un marco para hacer que los datos sean más accesibles y utilizables para las personas y las máquinas. En el contexto de la **interoperabilidad federada con datos en la fuente**, podemos aplicar los principios FAIR de la siguiente manera:

1. **Findable (Encontrables):** los datos deben ser fáciles de encontrar. Para hacer esto, se deben utilizar metadatos claros y precisos que describan los datos y su ubicación. Los metadatos deben estar estandarizados y ser accesibles a través de un catálogo de datos.
2. **Accessible:** los datos deben estar disponibles para su uso. Esto significa que los datos deben estar disponibles en un formato legible por máquina y que se debe garantizar un acceso seguro y controlado a los datos.
3. **Interoperable:** los datos deben ser fáciles de integrar y combinar con otros datos. Para lograr esto, se deben utilizar estándares abiertos y comunes para describir los datos y los servicios de datos. Además, los datos deben estar estructurados de manera coherente y cohesiva.
4. **Reusable:** los datos deben ser capaces de ser reutilizados en diferentes contextos y para diferentes propósitos. Para lograr esto, se deben proporcionar licencias claras y precisas que describan cómo se pueden utilizar los datos y se deben utilizar estándares abiertos y comunes para describir los datos y los servicios de datos.

Al aplicar los principios FAIR a la interoperabilidad federada con datos en la fuente, se pueden mejorar la usabilidad y la accesibilidad de los datos, lo que puede ayudar a impulsar la colaboración y la innovación en una variedad de campos. (Wilkinson, 2016)

Los estándares de la Web Semántica y los Datos Enlazados son fundamentales para lograr la interoperabilidad federada con datos en la fuente. La Web Semántica es una extensión de la Web actual que permite que los datos sean compartidos y reutilizados a través de aplicaciones, empresas y comunidades. Los Datos Enlazados, por otro lado, se refieren a la práctica de crear identificadores únicos y enlazar datos entre diferentes fuentes de datos.

Algunos de los estándares de la Web Semántica y los Datos Enlazados que son relevantes para la interoperabilidad federada con datos en la fuente incluyen:

1. **RDF (Resource Description Framework):** es un lenguaje de modelado de datos que se utiliza para describir recursos y sus relaciones. RDF se utiliza para crear metadatos que describen los datos y su estructura.
2. **RDFS (RDF Schema):** es una extensión de RDF que se utiliza para definir vocabularios y esquemas de datos. RDFS se utiliza para proporcionar una estructura semántica a los datos, lo que facilita su interpretación y uso.
3. **OWL (Web Ontology Language):** es un lenguaje para definir ontologías, que son modelos formales de conocimiento en un dominio particular. OWL se utiliza para proporcionar una estructura semántica más rica a los datos y para permitir la inferencia de nuevos conocimientos a partir de los datos existentes.
4. **SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language):** es un lenguaje de consulta para RDF. SPARQL se utiliza para buscar y recuperar datos de diferentes fuentes de datos RDF.

Al utilizar estos estándares de la Web Semántica y los Datos Enlazados, se pueden crear modelos de datos interoperables y enlazados que permitan la integración de diferentes fuentes de datos. Esto puede mejorar la eficiencia y la eficacia de la colaboración y la innovación en una variedad de campos. (Bizer, n.d.)

Conclusiones

La implementación de la interoperabilidad es un desafío para el que es necesario prepararse, conociendo los requisitos previos y los diferentes tipos de estándares, así como los distintos niveles de interoperabilidad. Solo así se podrán tomar las decisiones adecuadas. Sobre la base de las propuestas de modelos de interoperabilidad analizados se propone el uso

del modelo de interoperabilidad federada por existir actualmente las bases a nivel de institución para implementarla. Esta puede ser un punto para el éxito en el proceso de transformación digital. A partir de la bibliografía revisada se expone la importancia de la normalización en la interoperabilidad como componente indispensable para la transformación digital en la sociedad. El sistema de pasos propuesto por la ILPES puede ser una guía de estudio y análisis en el proceso de informatización de la sociedad cubana.

Referencias

1. Bizer, C. (n.d.). *Linked Data*.
2. CEPAL. (2007). *electrónico para América Latina y el Caribe*. 39.
3. Ciencia, P. D. E., & Innovacion, T. E. (n.d.). *Programa de ciencia, tecnologia e innovacion ficha de programa nacional 06*.
4. Indarte, S., & pazos gutiérrez, P. (2012). Estándares e interoperabilidad en salud electrónica: Requisitos para una gestión sanitaria efectiva y eficiente. *Cepal*. <http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/4/45524/P45524.xml&xsl=/dds/tpl/p9f.xsl&base=/dds/tpl/top-bottom.xsl>
5. Manso, M. A., Wachowicz, M., Bernabé, M. A., & Rodriguez, A. S. A. F. (2008). Modelo de Interoperabilidad Basado en Metadatos (MIBM). *Consejo Superior de Geografos*.
6. MinTIC. (2019). *Marco de interoperabilidad para Gobierno Digital*. 95.
7. Naser (coord.), A. (2021). Gobernanza digital e interoperabilidad gubernamental. Una guía para su implementación. *Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/80)*, Santiago, *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*.
8. *Normas y Transformación Digital*. (2021). *ONUDI*, 16.
9. Wilkinson, M. D. (2016). *Comment : The FAIR Guiding Principles for scienti fi c data management and stewardship*. 1–9.