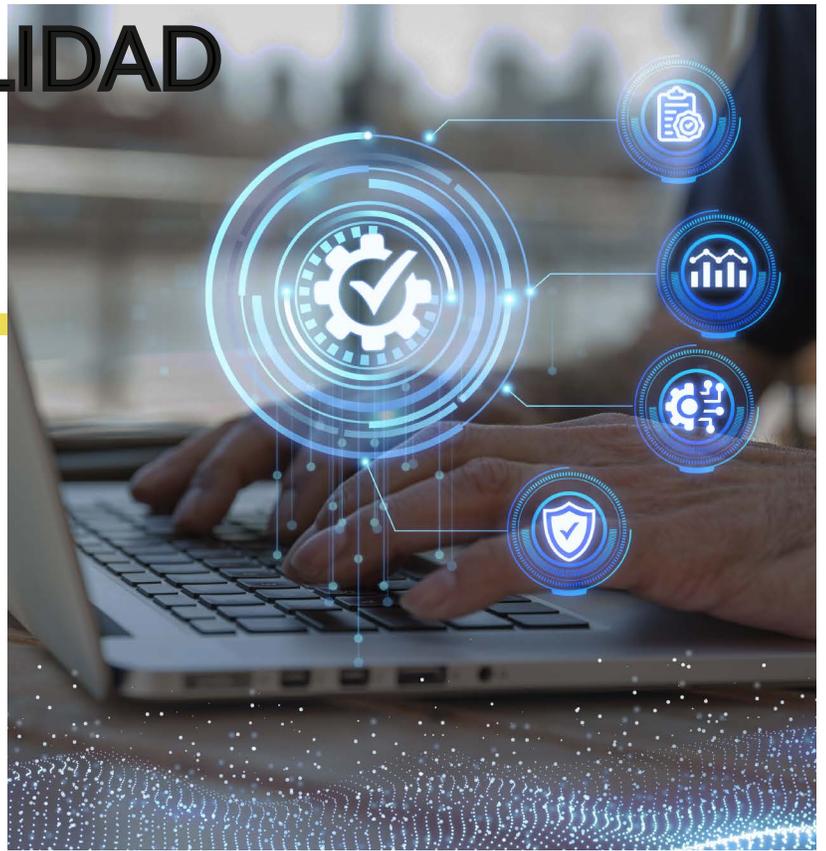


# INTEROPERABILIDAD Y CIUDADES INTELIGENTES

**Palabras Claves:** Interoperabilidad, Smart cities, Comunicación, sistemas, dispositivos, Internet, modular, datos, protocolo, participación, lenguaje, programación, seguridad, privacidad, capacitación.



**Resumen:** En la Interoperabilidad de las ciudades inteligentes destacan una serie de estándares, normas, comunicación de datos para las aplicaciones, sistemas y dispositivos, que soportan y hacen posible su implementación.

Los estándares abiertos regulan la forma en que se desarrollan las aplicaciones, la comunicación de datos permite que múltiples dispositivos interoperen de forma transparente, la arquitectura modular de sistemas facilita la creación e integración de futuro desarrollo de software, la tecnología de intercambio de datos facilita la comunicación y el análisis complejo, la colaboración entre actores se materializa mediante alianza público - privada y la participación ciudadana. Los factores claves para mantener la interoperabilidad en las ciudades inteligentes son: la ejecución de pilotos, pruebas entre sistemas, el monitoreo y evaluación continua, la seguridad, privacidad, educación y capacitación.

**Autor:** Carlos Palacios

**Abstract:** In the interoperability of smart cities, a series of standards, norms, data communication for applications standards, norms, data communication for applications, systems and devices, that support and make possible its implementation.

Open standards govern the way applications are developed, data open standards regulate the way applications are developed, data communication allows multiple devices to interoperate transparently, modular system architecture facilitates the creation and integration of future software development, data exchange technology facilitates communication and complex analysis, collaboration between actors is materialized through public-private partnerships and citizen participation. The key factors for maintaining interoperability in smart cities are: the implementation of pilots, inter-system testing, continuous monitoring and evaluation, security, privacy, education and training.

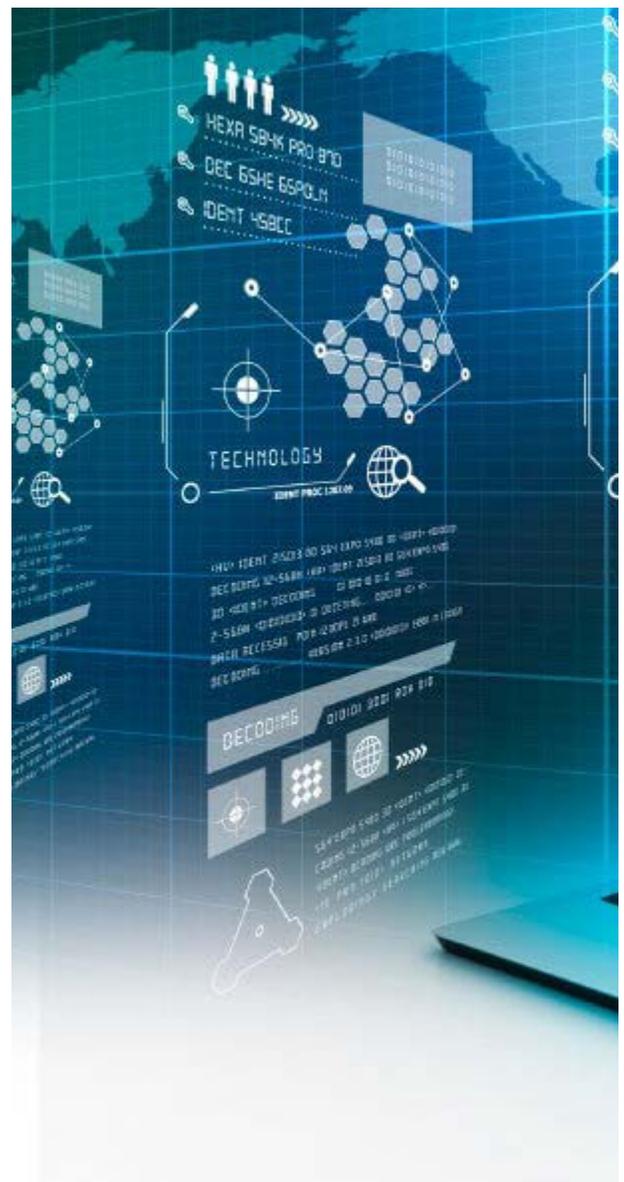
## INTRODUCCIÓN

Las ciudades inteligentes son entornos geográficos habitables, donde los conceptos de conectividad, sustentabilidad, seguridad, comunicación e interoperabilidad están altamente desarrollados. Esto permite a sus habitantes gestionar servicios públicos y privados, adquirir bienes y controlar dispositivos en tiempo real y a distancia. Este tipo de desarrollo son altamente dependientes de varios factores claves para su funcionamiento óptimo: a) la continuidad del servicio de energía eléctrica (Smart Grid), b) la redundancia y alta latencia de los sistemas de telecomunicaciones (5G), c) disponibilidad de acceso a grandes cantidades de datos (BigData), d) seguridad, inmutabilidad y transparencia de la información (BlockChain, RWA), e) conectividad de múltiples dispositivos (OpenSource), f) desarrollo sustentable (GreenTech), g) Sistemas financieros descentralizados (DEFI), h) Comunidades Autonomas Descentralizadas (DAO), g) Gobernanza compartida (CARDANO) y un alto grado de conciencia social de sus habitantes y gobernantes, temas que iremos desarrollando a detalle en las subsiguiente entregas.

**Este artículo lo dedicaremos exclusivamente a aspectos generales de como se desarrolla la interoperabilidad en las ciudades inteligentes.**

Desde sus orígenes, el desarrollo tecnológico y la innovación han estado signados por una visión individualista de protección de propiedad, como garantía de continuidad comercial y generación de grandes ingresos en el tiempo.

Si observamos el modelo de desarrollo tecnológico imperante a nivel global, podremos notar que cada innovación, desarrollo científico o tecnológico, mantiene características únicas que lo diferencian de otros desarrollos similares, haciendolos incompatibles. Inconsciente o conscientemente, hemos creado lo que yo llamaría Babel's Tower-Tech, donde, literalmente, cada dispositivo habla un idioma particular, forzando a la comunidad tecnocientífica a desarrollar estándares de INTEROPERABILIDAD.



## Veámos a detalle como es esto:

¿Cómo se desarrolla la interoperabilidad en Smart city?

El principio de interoperabilidad basa su fundamento en desarrollar lenguajes comunes para comunicar sistemas, dispositivos y tecnologías para hacerlos compatibles en el intercambio de datos que permitan universalizar su gestión, operación y control.

La interoperabilidad en las ciudades inteligentes (smart cities) es un aspecto crucial para garantizar que los diferentes sistemas, tecnologías y plataformas puedan comunicarse y trabajar juntos de manera eficiente. A continuación, se describen algunos de los enfoques y pasos claves para desarrollar la interoperabilidad en este contexto:

### 1. Establecimiento de estándares abiertos:

-La implementación de estándares abiertos, las normas y protocolos de comunicación permiten a diferentes sistemas y dispositivos intercambiar información de manera transparente y segura, representan una especie de política tecnológica intermedia que guían a los desarrolladores para facilitar, en entornos muy complejos, la interoperabilidad entre sistemas con múltiples lenguajes estructuralmente distintos.

**MQTT:** es un protocolo de mensajería basado en estándares, o un conjunto de reglas, que se utiliza para la comunicación de un equipo a otro. Los sensores inteligentes, los dispositivos portátiles y otros dispositivos de Internet de las cosas (IoT) generalmente tienen que transmitir y recibir datos a través de una red con recursos restringidos y un ancho de banda limitado. Estos dispositivos IoT utilizan MQTT para la transmisión de datos, ya que resulta fácil de implementar y puede comunicar datos IoT de manera eficiente. MQTT admite la mensajería entre dispositivos a

## RESTful APIs: La API RESTful es una interfaz que dos sistemas de computación utilizan para intercambiar información de manera segura a través de Internet.

La mayoría de las aplicaciones para empresas deben comunicarse con otras aplicaciones internas o de terceros para llevar a cabo varias tareas. Por ejemplo, en las ciudades inteligentes los sistemas de control de desastres, deben comunicarse con los sistemas de catastro, climáticos, tránsito, identificación, logísticos, emergencias, hospitalarios etc.

Los cuales fueron desarrollados en diferentes lenguajes de programación y con una lógica adaptada a la época del desarrollo. Las API RESTful admiten este intercambio de información porque siguen estándares de comunicación de software seguros, confiables y eficientes. (Amazon Web Services, 2023).



## Open Geospatial Consortium (OGC)

El OGC es una organización internacional sin fines de lucro comprometida con la creación de estándares abiertos e interoperables para la comunidad geoespacial global dentro del marco de los Sistemas de Información Geográfica y de la World Wide Web. Persigue acuerdos entre las diferentes empresas del sector que posibiliten la interoperación de sus sistemas de geoprocesamiento y facilitar el intercambio de la información geográfica en beneficio de los usuarios. (Alfa Geomatics, 2020), reflexionemos sobre si fuera posible desarrollar ciudades inteligentes sin considerar las dimensiones espacio/tiempo. Tanto los sistemas de servicios como los dispositivos portátiles en las ciudades inteligentes deben incorporar sistemas de coordenadas y registrar continuamente el tiempo en que suceden los eventos, es decir el cuando y el donde.

**CIP CARDANO:** Una propuesta de mejora de Cardano (CIP, por sus siglas en inglés) es un documento de diseño formalizado para la comunidad de Cardano y el nombre del proceso mediante el cual se producen y enumeran dichos documentos. Una CIP proporciona información o describe un cambio en el ecosistema, los procesos o el entorno de Cardano de manera concisa y con suficiente detalle técnico, haciendo visible todos los parámetros necesarios para mantener comunicación desde y hacia otras cadenas de bloques y aplicaciones tradicionales. (Cardano Foundation, 2023) .

**Interoperabilidad semántica:** Utilizar vocabularios y ontologías comunes que permitan a los sistemas entender el significado de los datos que intercambian. Aquí surgen los lenguajes de propósito general (C, C++, C#, Java, Python, etc.) que proporcionan un mayor nivel de abstracción de los detalles internos del hardware del dispositivo, haciendo que el lenguaje sea más fácil de programar, poderoso y versátil. Igualmente, los lenguajes de cuarta Generación - 4GL (Clarion, Clipper, PowerBuilder, CASE), son aquellos que operan con grandes volúmenes de información simultáneamente e incluyen soporte para la administración de bases de datos, generación de informes, optimización matemática, desarrollo de interfaces gráficas o desarrollo web. (Millan, 2024).

Existen también lenguajes clasificados como 4GL especialmente diseñados para la programación y gestión de bases de datos y sus ejemplos de scripts incluyen a Unix Shell, Perl, PHP, Python y SQL.

Los lenguajes 4GL son herramientas encargadas de optimizar el desarrollo de software automatizando su creación. Se han utilizado principalmente para la generación de código para GUI (Interfaz Gráfica de Usuarios) y en la implementación de programas que facilitan las tareas de programadores y clientes, soportando en su mayoría el lenguaje SQL estándar como lenguaje de acceso a base de datos relacionales (RDBS), lo que garantiza la portabilidad (Da vila, 2022) .

Los Lenguajes de quinta generación - 5GL (Mercury, OPS5, Prolog, Haskell), contienen herramientas visuales o asistentes que ayudan a desarrollar un programa, son utilizados usualmente en disciplinas originadas en el campo de la Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos y en tecnologías descentralizadas o DLT. Esta generación de lenguaje ha permitido incorporar al desarrollo de la interoperabilidad en ciudades inteligentes a profesionales de múltiples carreras tales como: Sociólogos, Arquitectos, Médicos, Ingenieros Civiles, Administradores, Ambientalistas, Abogados, entre otros.

## 2.Arquitectura de sistemas:

-Arquitectura modular: Una arquitectura modular es aquella que permite dividir una aplicación en varios módulos donde se individualizan funciones específicas manteniendo la capacidad de comunicación con otros módulos, pero sin conocerlos por completo. Debemos diseñar sistemas modulares que permitan la integración de diferentes componentes sin necesidad de reescribir el código existente. Esto facilita la incorporación de nuevas tecnologías a los múltiples desafíos a gestionar en las Ciudades Inteligentes.

- Plataformas integradas: Desarrollar plataformas que actúen como intermediarias entre diferentes sistemas, permitiendo la agregación y análisis de datos de múltiples fuentes. La conectividad de bases de datos abiertas (ODBC por sus siglas en Inglés) es una interfaz de nivel de llamada que permite que las aplicaciones tengan acceso a los datos de cualquier base de datos en la que haya un controlador ODBC. La API de un ODBC permite crear aplicaciones con acceso a múltiples bases de datos relacionales, independiente de su sistema de administración de base de datos (DBMS) de origen. (Microsoft Learn, 2024)

## 3.Intercambio de datos:

- Procesamiento analítico en línea (OLAP): Es una tecnología de software que se puede utilizar para analizar datos institucionales y empresariales desde diferentes puntos de vista. Las organizaciones recopilan y almacenan datos de múltiples fuentes, como sitios web, aplicaciones, medidores inteligentes, dispositivos, redes sociales y sistemas internos, entre otros. OLAP combina y agrupa estos datos multidimensionales en categorías para proporcionar información procesable para la planificación operativa y estratégica, nutriendose de gran cantidad de datos estadísticos que permiten generar predicciones bastante precisas como insumo para modelos de pronósticos en áreas tan diversas como el comportamiento de mercados, crecimiento demográfico, comportamientos sociales, control epidemiológico, estado del clima, etc.

El procesamiento analítico en línea (OLAP) ayuda a las organizaciones a procesar y beneficiarse de una cantidad cada vez mayor de información digital, permitiendo la toma de decisiones más rápidas y mejor informadas, asistencia al usuario sin conocimiento técnico y vistas de datos integradas para resolver problemas de manera efectiva. (Amazon Web Services, Inc., 2023)

Se encuentran en casi todas las industrias o mercados verticales y en muchos sistemas orientados al consumidor. Los ejemplos cotidianos de sistemas OLTP incluyen los siguientes:

-Cajeros automáticos y aplicaciones de banca en línea.

-Procesamiento de pagos con tarjeta de crédito (tanto en línea como en la tienda).

-Entrada de pedidos (comercio minorista y back-office).

-Reservas en línea (emisión de boletos, sistemas de reservas, etc.).

-Mantenimiento de registros (incluidos registros de salud, control de inventario, programación de producción, procesamiento de reclamos, emisión de tickets de servicio al cliente y muchas otras aplicaciones).

Los lagos de datos permiten a las organizaciones generar diferentes tipos de información, lo que incluye generar informes de datos históricos, donde se crean modelos para predecir posibles resultados y sugerir un rango de acciones recomendadas para lograr el mejor resultado posible. (Amazon Web Services Inc., 2023)

- Interoperabilidad a nivel de datos: Asegurar que los datos se puedan compartir y utilizar entre diferentes aplicaciones y servicios, independientemente del formato en que se encuentren.

#### 4.Colaboración entre actores:

-Alianzas público-privadas: Fomentar la colaboración entre gobiernos, empresas tecnológicas, universidades y ciudadanos para desarrollar soluciones interoperables. Recordemos que actualmente los organismos multilaterales para el financiamiento del desarrollo, tienen como norma, impulsar las alianzas público – privadas, realzando las ventajas que representan cada uno de estos sectores, uno como regulador y otro como experto en aplicación de la investigación y desarrollo en la generación de riqueza.

- Participación ciudadana: Involucrar a los ciudadanos en el diseño e implementación de soluciones, asegurando que las necesidades de la comunidad se reflejen en los sistemas desarrollados. En este aspecto son claves las redes sociales, el marketing digital, desarrollo de apps y Dapps intuitivas para diversificar el acceso a las oportunidades que ofrecen las ciudades inteligentes, en espacios dominados por la creatividad humana y los desarrollos tecnológicos con alta pertinencia social. Las Smart Cities podrían aumentar progresivamente la participación ciudadana mediante la inclusión de poblaciones y minorías históricamente excluidas de sus bondades y beneficios, generados por la brecha tecnológica, mejorando así la participación en sus sistemas de gobernanza.

#### 5.Pruebas y validación:

-Pilotos y pruebas: Implementar proyectos piloto para evaluar la interoperabilidad entre diferentes sistemas antes de una implementación a gran escala.

- Monitoreo y evaluación continua: Establecer mecanismos para monitorear el rendimiento y la interoperabilidad de los sistemas en tiempo real, permitiendo ajustes según sea necesario.

#### 6.Seguridad y privacidad:

-Protocolos de seguridad: Desarrollar y aplicar protocolos de seguridad robustos para proteger la integridad y privacidad de los datos intercambiados entre sistemas.

- Cumplimiento normativo: Asegurar que todas las soluciones cumplan con las regulaciones locales e internacionales sobre protección de datos.

#### 7.Educación y capacitación:

-Capacitación del personal: Proporcionar formación a los empleados y a los ciudadanos sobre cómo utilizar las tecnologías y sistemas interoperables.

- Concienciación sobre tecnología: Promover la educación sobre la importancia de la interoperabilidad en el contexto de las ciudades inteligentes



## CONCLUSIÓN

La Interoperabilidad basa sus principios en lograr la comunicación entre sistemas, aplicaciones y dispositivos electrónicos, lo que permite la creación de canales estandarizados para el intercambio de datos entre múltiples lenguajes y formas de organización de la información. Las Ciudades inteligentes son estructuras, organizaciones, sistemas y aplicaciones altamente informadas, donde el criterio de continuidad de los servicios está representado por su alto grado de interoperabilidad, independiente de la tecnología de información y comunicación con que fueron desarrollados sus dispositivos.

La interoperabilidad es fundamental para el éxito de las ciudades inteligentes, ya que permite una mejor gestión de recursos, optimización de servicios públicos y una mayor participación ciudadana. Al seguir estos enfoques, las ciudades pueden crear un ecosistema tecnológico que fomente la innovación y mejore la calidad de vida de sus habitantes.

Es importante destacar que las ciudades inteligentes exitosas han desarrollado, en primer lugar, tres subsistemas básicos como son: Disponibilidad y diversificación de fuentes de energía eléctrica mediante Smartgrid, Telecomunicaciones redundantes de alta velocidad y esquemas de crecimiento bajo enfoque de desarrollo sustentable.



## REFERENCIAS

Ifa Geomatics. (01 de julio de 2020). Alfa Geomatics. Obtenido de Qué es el Open Geospatial Consortium:  
<https://alfageomatics.com/2020/07/-que-es-el-open-geospatial-consortium-ogc/>

Amazon Web Services. (2023). Amazon Web Services (AWS). Obtenido de Computación en la nube con AWS: <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>

Amazon Web Services, Inc. (2023). Amazon Web Services (AWS). Obtenido de ¿Que es el procesamiento analítico en Línea (OLAP)?:  
<https://aws.amazon.com/es/what-is/olap/>

Amazon Web Services Inc. (2023). Amazon Web Services (AWS). Obtenido de ¿Que es un lago de datos?:  
<https://aws.amazon.com/es/what-is/data-lake/>

Cardano Foundation. (2023). About CIPs. Obtenido de Cardano Improvement Proposals (CIPs):  
<https://cips.cardano.org/about>

Dávila, A. L. (2022). studocu. Obtenido de Lenguajes de programación de cuarta y quinta generación:  
<https://www.studocu.com/bo/document/universidad-autonoma-juan-misael-saracho/ingenieria-asistida-por-computadora/lenguajes-de-programacion-de-cuarta-y-quinta-generacion-anngelyne-lazaro/16924056>

IBM Mexico. (24 de julio de 2024). ibm.com/mx-es. Obtenido de ¿Qué es OLTP?:  
<https://www.ibm.com/mx-es/topics/oltp>

Microsoft Learn. (2024). learn.microsoft.com. Obtenido de Conceptos básicos de ODBC  
<https://learn.microsoft.com/es-es/ccp/data/odbc/odbc-basic>

Millan, L. F. (02 de agosto de 2024). ISSUU.com. Obtenido de Lenguajes de Cuarta Generación  
[www.issuu.com](http://www.issuu.com)

