

Manual Técnico: SmartCity SeqyTool v5.1 — Coeficiente de Inteligencia Urbana (CIU)

Autor: Miguel Angel Iñiguez McCormick

Versión: 5.1

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0 (Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual)

Año: 2025

Institución: FACTA TERRAE Urban Lab - Universidad de Guadalajara

Resumen Ejecutivo

El presente manual técnico describe de forma integral la herramienta SmartCity SeqyTool v5.1, diseñada para calcular el Coeficiente de Inteligencia Urbana (CIU) de una ciudad. Se trata de un índice compuesto que evalúa el nivel de “inteligencia” o desarrollo inteligente de las ciudades mediante un modelo metodológico estructurado en 12 pilares temáticos y 34 indicadores clave. El documento proporciona una guía exhaustiva sobre los fundamentos conceptuales y metodológicos del CIU, su alineación con estándares internacionales (ISO 37122, ISO 37123, PAS 181, entre otros) y los detalles técnicos de su arquitectura de datos, flujos de información y cálculo del índice. Asimismo, se cubren aspectos referentes a la interfaz de usuario, visualización de resultados, lenguaje de evaluación empleado y consideraciones de accesibilidad de la herramienta.

El manual también aborda la generación de reportes automatizados y las capacidades de análisis comparativo y benchmarking que ofrece la plataforma, permitiendo comparar el desempeño urbano entre diferentes ciudades y contra referencias internacionales. Se documentan los procesos de validación teórica, técnica y empírica realizados: desde la revisión por pares académica del modelo conceptual, hasta pruebas piloto en ciudades reales y la correlación de resultados con índices globales reconocidos. Finalmente, se discuten las implicaciones del CIU para las políticas públicas, proporcionando recomendaciones sobre cómo los responsables municipales y planificadores urbanos pueden utilizar eficazmente esta herramienta para la toma de decisiones informada, la definición de estrategias de mejora continua y el seguimiento de objetivos de sostenibilidad y gobernanza digital en el futuro.

En suma, este manual ofrece una referencia profesional y académica completa para entender, implementar y sacar provecho de SmartCity SeqyTool v5.1 en la evaluación de la inteligencia urbana. Su contenido ha sido estructurado con rigor técnico y claridad, pensando tanto en investigadores como en gestores municipales, de modo que el CIU pueda convertirse en un estándar de facto para diagnosticar y guiar el desarrollo de ciudades inteligentes en el contexto hispanohablante y global.

Introducción

Las ciudades inteligentes (Smart Cities) representan un paradigma emergente de desarrollo urbano que integra estratégicamente la tecnología digital en la gestión de la ciudad, con el objetivo de mejorar la

calidad de vida de los habitantes y la sostenibilidad del entorno urbano. En términos generales, *“una Ciudad Inteligente es aquella que coloca a las personas en el centro del desarrollo, incorpora Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la gestión urbana y usa estos elementos como herramientas para estimular la formación de un gobierno eficiente con planificación colaborativa y participación ciudadana”* ¹. Al promover un desarrollo integrado y sostenible, las ciudades inteligentes devienen más innovadoras, competitivas, atractivas y resilientes, mejorando la vida de sus ciudadanos ¹. No obstante, debido a la amplitud del concepto, su definición ha sido objeto de discusión académica: autores como Adsua (2014) argumentan que *la única forma de avanzar en el concepto aún difuso de Smart City es proponer sistemas de medición de la “inteligencia” urbana, con criterios cualitativos y cuantitativos análogos al cociente intelectual en personas* ². Es en este contexto donde cobra relevancia el desarrollo de indicadores e índices compuestos que permitan evaluar objetivamente cuán “inteligente” es una ciudad y en qué áreas debe mejorar.

Un elemento central en las ciudades inteligentes es la **gobernanza digital**. Este concepto se refiere a la integración de las TIC en la administración pública con el objetivo de *promover la transparencia, la eficiencia y la participación ciudadana* ³. A diferencia del gobierno electrónico tradicional (en el que la comunicación suele fluir en un solo sentido, del gobierno hacia el ciudadano), la gobernanza digital enfatiza una comunicación bidireccional y colaborativa entre autoridades y sociedad civil ³. Esto implica no solo ofrecer servicios públicos en línea, sino también habilitar mecanismos para que los ciudadanos aporten activamente en la toma de decisiones y la co-creación de soluciones. Una correcta implantación de la gobernanza digital en el nivel municipal se considera un habilitador clave de las iniciativas de ciudades inteligentes ⁴, al facilitar la coordinación interdepartamental, la apertura de datos públicos y la participación informada de la comunidad en asuntos urbanos. En síntesis, gobernanza digital y ciudad inteligente son conceptos íntimamente ligados: el uso estratégico de TIC en gobierno es a la vez medio y fin para alcanzar ciudades más inteligentes.

Por último, la **medición mediante indicadores urbanos** constituye la base para diagnosticar y comparar el desempeño de las ciudades en su camino hacia la inteligencia urbana. En este nuevo modelo socio-tecnológico de ciudad, *los indicadores y métricas urbanas emergen como una herramienta interdisciplinar – desde lo local a lo global– y se han convertido en un instrumento fundamental para evaluar cómo el uso de las TIC influye en la gestión de las ciudades y en la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos* ⁵. El desarrollo de sistemas de indicadores homogéneos permite caracterizar y comparar objetivamente aspectos clave de distintas urbes, fomentando el **aprendizaje entre pares** (“benchmarking”) y la identificación de mejores prácticas. De hecho, *los sistemas de indicadores urbanos son un paso importante hacia la homogeneización en la medición y comparación de ciudades* ⁶ a nivel internacional. En los últimos años han proliferado iniciativas globales (ONU, ISO, ITU), esfuerzos de consultoras especializadas y proyectos académicos orientados a definir conjuntos de indicadores clave de desempeño urbano ⁶ ⁷. Cada año emergen metodologías más completas y disponibles, aprovechando tanto datos abiertos oficiales como nuevas fuentes (sensores IoT, *big data*, encuestas ciudadanas, etc.) para capturar múltiples dimensiones del desarrollo urbano ⁸. En suma, medir importa: solo mediante indicadores cuantitativos comparables se puede verificar si una ciudad avanza hacia sus objetivos estratégicos, y en qué medida iniciativas “inteligentes” están teniendo un impacto real en la sostenibilidad, eficiencia y calidad de vida urbana.

Dentro de este contexto, la herramienta **SmartCity SeqyTool v5.1** y su índice **Coficiente de Inteligencia Urbana (CIU)** surgen como una respuesta a la necesidad de una métrica integral y estandarizada para las ciudades inteligentes. El CIU sintetiza en un solo valor –comparable a un “IQ urbano”– el desempeño de una ciudad en múltiples dimensiones clave, proporcionando a autoridades, planificadores e investigadores un diagnóstico claro de fortalezas y debilidades. En los apartados siguientes, se detallan los fundamentos

metodológicos del CIU, su alineación con marcos de referencia internacionales, su implementación técnica y las formas en que sus resultados pueden emplearse para impulsar la **innovación en las políticas públicas urbanas**.

Fundamentos Metodológicos: Modelo de 12 Pilares y 34 Indicadores

El **Coefficiente de Inteligencia Urbana (CIU)** se construye a partir de un modelo metodológico exhaustivo que abarca **12 pilares temáticos** del desarrollo de una ciudad inteligente, desglosados en un total de **34 indicadores cuantitativos**. Cada pilar representa un **eje estratégico** o dimensión fundamental de una ciudad inteligente, mientras que los indicadores son métricas objetivas que permiten medir el desempeño de la ciudad en cada uno de esos ejes. Este enfoque multidimensional reconoce la naturaleza compleja y multifacética de las ciudades, asegurando que el índice final CIU refleje un equilibrio entre aspectos tecnológicos, sociales, ambientales, económicos y de gobernanza.

⁹ ¹⁰ Para definir este modelo de 12 pilares y 34 indicadores se llevó a cabo una extensa revisión de la literatura y de estándares internacionales, así como un análisis comparativo de más de 80 metodologías de indicadores urbanos existentes ¹¹ ¹². Se buscó desarrollar una metodología de referencia **adaptable a distintos contextos** urbanos, que cubriera los dominios principales reconocidos en una ciudad inteligente y utilizara un número manejable pero significativo de indicadores (evitando tanto la insuficiencia de métricas como la sobrecarga de datos) ¹². Las 12 dimensiones seleccionadas están alineadas con las áreas temáticas comúnmente identificadas por organizaciones como ISO, ONU-Hábitat, Banco Interamericano de Desarrollo y redes de ciudades inteligentes, garantizando así la **coherencia conceptual** y la comparabilidad internacional del CIU. Cada indicador fue escogido con base en su relevancia estratégica, disponibilidad de datos y capacidad para ser estandarizado, buscando maximizar la **validez y fiabilidad** del índice ¹³ ¹⁴. El resultado es un modelo integral pero manejable, adecuado para el seguimiento periódico y la evaluación comparativa entre ciudades.

A continuación, se presentan los **12 pilares** del CIU, junto con su enfoque general y ejemplos de los **indicadores** asociados (entre paréntesis), que en total suman 34 métricas:

- **1. Gobernanza y Administración Digital:** Evalúa la efectividad del gobierno local y la adopción de tecnologías en la gestión pública. Incluye indicadores sobre *transparencia y datos abiertos* (p. ej., existencia de portal de datos abiertos, % de datos publicados), *servicios públicos en línea* (porcentaje de trámites municipales digitalizados) y *participación ciudadana digital* (herramientas de participación y número de usuarios activos en plataformas cívicas). Este pilar refleja hasta qué punto el municipio opera con una **gobernanza inteligente**, fomentando la eficiencia administrativa y la comunicación bidireccional con la ciudadanía ³.
- **2. Planificación Urbana y Desarrollo Sostenible:** Mide la capacidad de la ciudad para planificar y gestionar el territorio de forma inteligente y sostenible. Contempla indicadores de *ordenamiento territorial* (existencia de planes urbanos inteligentes, densidad urbana equilibrada), *espacios públicos y verdes* (m² de áreas verdes por habitante) y *gestión sostenible del suelo* (rehabilitación de zonas degradadas, control de expansión urbana). Este pilar busca capturar el grado de visión estratégica de la ciudad en su crecimiento físico y la integración de criterios de sostenibilidad ambiental y resiliencia en la planificación.

- **3. Movilidad y Transporte Inteligente:** Considera la eficiencia, accesibilidad y sostenibilidad de la movilidad urbana. Los indicadores abarcan *transporte público* (participación modal del transporte público, cobertura del sistema, uso de sistemas inteligentes de gestión del tráfico), *movilidad activa y compartida* (km de ciclorrutas, uso de bicicletas compartidas, porcentaje de viajes a pie o en bicicleta) y *congestión y tiempos de viaje* (tiempo medio de desplazamiento al trabajo, índices de congestión). Un desempeño alto en este pilar implica una ciudad con **movilidad urbana sostenible**, integrando TIC para optimizar el tránsito y reducir emisiones.

- **4. Medio Ambiente y Recursos:** Evalúa la protección ambiental, gestión de recursos naturales y acciones climáticas. Incluye indicadores de *calidad ambiental* (concentración de contaminantes del aire como PM2.5, calidad del agua), *gestión de residuos* (porcentaje de residuos sólidos reciclados o aprovechados) y *acción climática* (emisiones de GEI per cápita, existencia de plan de mitigación y adaptación climática). Este pilar refleja el compromiso de la ciudad con la **sostenibilidad ambiental**, tanto en políticas como en resultados medibles de mejora ambiental.

- **5. Energía Inteligente:** Mide la eficiencia y modernización del sistema energético urbano. Contempla *energías renovables* (porcentaje de energía eléctrica municipal proveniente de fuentes renovables), *eficiencia energética* (consumo energético per cápita en el sector residencial y público, grado de implementación de alumbrado público LED inteligente) y *gestión de la red* (existencia de *smart grids* o redes eléctricas inteligentes, tasa de interrupciones del suministro). Un puntaje elevado en este pilar indica una ciudad avanzando hacia un modelo energético bajo en carbono, fiable y gestionado con tecnología inteligente.

- **6. Economía y Competitividad:** Analiza la vitalidad económica de la ciudad dentro del contexto de la nueva economía digital. Sus indicadores incluyen *innovación y emprendimiento* (número de *startups* tecnológicas per cápita, inversión en I+D local, incubadoras y hubs de innovación), *empleo de calidad* (tasa de empleo en el sector TIC o creativo, porcentaje de población con educación superior empleada) y *facilidad para los negocios digitales* (existencia de trámites empresariales en línea, infraestructura para comercio electrónico). Este pilar captura la dimensión de **economía inteligente**, es decir, una economía urbana diversificada, basada en el conocimiento y la innovación, capaz de atraer talento e inversiones.

- **7. Capital Humano, Educación y Cultura:** Evalúa el desarrollo del talento humano y la formación de capital social en la ciudad. Comprende indicadores de *educación* (tasa de alfabetización digital, proporción de escuelas conectadas a Internet, disponibilidad de programas de capacitación tecnológica), *cultura y conocimiento* (número de eventos o espacios culturales por 100 mil hab., bibliotecas digitales públicas) y *atracción de talento* (presencia de universidades o centros de investigación de alto nivel, porcentaje de población con educación terciaria). Un alto CIU en este pilar indica una **ciudad inteligente centrada en las personas**, que invierte en su gente, promueve la creatividad y se enriquece culturalmente.

- **8. Cohesión Social e Inclusión:** Considera el grado de equidad, inclusión digital y cohesión comunitaria en la ciudad. Incluye *equidad social* (índice de Gini o brecha de ingresos, porcentaje de población bajo línea de pobreza), *inclusión digital* (porcentaje de hogares con acceso a internet de banda ancha, programas de acceso a TIC para poblaciones vulnerables) y *participación comunitaria* (número de organizaciones vecinales o iniciativas cívicas activas, presupuestos participativos en barrios). Este pilar refleja si el avance tecnológico de la ciudad se traduce en beneficios amplios y

distribuidos, evitando brechas digitales o sociales pronunciadas. Una ciudad verdaderamente inteligente debe ser **socialmente inclusiva**, garantizando que la innovación llegue a todos los segmentos de la población.

- **9. Seguridad Ciudadana y Protección:** Mide la seguridad pública y la aplicación de tecnologías para la prevención y gestión de riesgos. Sus indicadores cubren *seguridad pública* (tasa de criminalidad por tipo, tiempo de respuesta de servicios de emergencia, sistemas de videovigilancia inteligente instalados) y *seguridad vial* (tasas de accidentes de tráfico, iniciativas de movilidad segura). Aunque la seguridad depende de múltiples factores, el uso de herramientas inteligentes –como análisis de datos delictivos para asignar recursos policiales o sensores en infraestructura crítica– contribuye a mejorar este ámbito. Un CIU elevado en seguridad indica una ciudad que utiliza **tecnología para proteger a sus ciudadanos**, mejorando tanto la prevención como la respuesta ante incidentes.
- **10. Resiliencia y Gestión de Riesgos:** Evalúa la capacidad de la ciudad para resistir y recuperarse de crisis, desastres naturales u otras emergencias, integrando la planificación de riesgos en su gestión cotidiana. Incluye indicadores de *planificación resiliente* (existencia de un plan local de resiliencia o de reducción del riesgo de desastres, integración de criterios de resiliencia en códigos de construcción), *alertas tempranas y respuesta* (sistemas inteligentes de alerta temprana operativos, tiempo de respuesta ante eventos adversos) y *adaptación climática* (proyectos implementados de adaptación al cambio climático, como infraestructura verde urbana). Este pilar se alinea con el concepto de **ciudad resiliente**, reconociendo que ser “inteligente” implica también estar preparada para enfrentar imprevistos y minimizar daños, conforme a lineamientos como ISO 37123 (indicadores para ciudades resilientes).
- **11. Infraestructura Digital y Conectividad:** Mide la disponibilidad y calidad de las redes digitales e infraestructura de comunicaciones que habilitan la smart city. Sus indicadores abarcan *conectividad* (penetración de internet de alta velocidad, cobertura de red móvil 4G/5G en el territorio, despliegue de fibra óptica), *internet de las cosas (IoT)* (cantidad de sensores o dispositivos IoT operativos en la ciudad para distintas aplicaciones: tráfico, ambiente, alumbrado, etc.) y *plataformas digitales urbanas* (existencia de plataforma integrada de ciudad inteligente o centro de datos urbano, grado de interoperabilidad de sistemas municipales). Este pilar refleja las **bases tecnológicas** de la ciudad inteligente –sin conectividad ubicua y sistemas interoperables de datos, las demás iniciativas difícilmente prosperarían–. Un CIU alto aquí indica que la ciudad cuenta con la “columna vertebral” digital necesaria para soportar soluciones inteligentes en todos los sectores.
- **12. Salud y Bienestar:** Considera la calidad de los servicios de salud, la promoción del bienestar y la aplicación de soluciones inteligentes en estos ámbitos. Incluye indicadores de *salud pública* (cobertura de atención de salud primaria, número de médicos por 1000 habitantes, disponibilidad de historia clínica electrónica interoperable), *salud inteligente* (telemedicina: porcentaje de consultas médicas realizadas por medios digitales, aplicaciones móviles de salud pública en uso) y *bienestar y espacios de vida* (índice de satisfacción de los ciudadanos con servicios de salud y espacios recreativos, esperanza de vida saludable al nacer). Este pilar reconoce que una **ciudad inteligente debe procurar la salud física y mental de sus habitantes**, aprovechando tecnologías para ampliar la cobertura y eficiencia sanitaria, así como para fomentar estilos de vida saludables.

Cada uno de los 34 indicadores específicos dentro de estos pilares está definido de manera rigurosa (unidad de medida, fuente de datos, frecuencia de actualización, etc.) siguiendo **metodologías estándar**.

En muchos casos, se adoptaron definiciones propuestas por la norma internacional **ISO 37122:2019** (Indicadores para ciudades inteligentes) para asegurar la comparabilidad. Conviene señalar que ISO 37122 propone un amplio catálogo de 80 indicadores potenciales para smart cities ¹⁵; el modelo CIU ha seleccionado y adaptado un subconjunto optimizado de dichos indicadores, complementándolos con métricas locales adicionales cuando fue necesario. De igual forma, se consideraron indicadores de la norma **ISO 37120** (Indicadores de servicios urbanos y calidad de vida) para cubrir dominios básicos, y de **ISO 37123** (Indicadores de resiliencia urbana) en el pilar de resiliencia, asegurando que el CIU tenga **respaldo normativo** y cubra los aspectos críticos identificados por estas referencias globales. En la siguiente sección se profundiza en cómo el modelo CIU se alinea con estos estándares y marcos internacionales de ciudades inteligentes.

Figura 1: Ecosistema de las métricas urbanas. Este diagrama (adaptado de García López *et al.*, 2017) ilustra el contexto en el que se desarrolló el modelo de indicadores CIU. Muestra la interacción entre los **actores urbanos** (sector público, privado, academia y sociedad civil) que promueven la medición, las **bases de datos** disponibles (desde datos abiertos hasta sensores IoT y encuestas), y los **tipos de metodologías** (indicadores, benchmarking, rankings, ratings) empleados para evaluar ciudades ⁷ ¹⁶. El modelo CIU aprovecha este ecosistema integrando múltiples fuentes de información y atendiendo a las necesidades tanto locales como globales de estandarización y comparabilidad de métricas urbanas.

Revisión Normativa: Estándares y Referentes Internacionales

El diseño de SmartCity SeqyTool v5.1 y del índice CIU se ha realizado en consonancia con los principales **estándares internacionales** y lineamientos sobre ciudades inteligentes y sostenibles. Esto asegura que la herramienta emplea definiciones, metodologías y prácticas reconocidas globalmente, facilitando la comparación de resultados con otras ciudades y garantizando la **validez técnica** del enfoque. A continuación, se resumen las normativas y marcos de referencia más relevantes considerados en el desarrollo del CIU:

- **ISO 37120:2018 – Indicadores para ciudades sostenibles:** Esta norma ISO establece un conjunto de indicadores estandarizados para medir los servicios urbanos y la calidad de vida. ISO 37120 (parte de la familia 37100 de ciudades y comunidades sostenibles) cubre temas básicos como educación, salud, seguridad, agua, energía, medio ambiente, entre otros. El CIU incorpora varios de estos indicadores fundamentales como contexto de base (por ejemplo, tasas de criminalidad, acceso a agua potable, etc.), de modo que el índice refleje también el desempeño en la prestación de servicios urbanos esenciales. ISO 37120 provee la “línea base” sobre la cual ISO 37122 y 37123 añaden consideraciones de inteligencia y resiliencia, respectivamente ¹⁷ ¹⁸. La herramienta asegura la trazabilidad de sus métricas hacia las definiciones de ISO 37120 cuando corresponde, facilitando que ciudades ya certificadas o evaluadas bajo ISO 37120 puedan integrar el CIU sin conflictos en las definiciones de datos.
- **ISO 37122:2019 – Indicadores para ciudades inteligentes:** Es la norma ISO específica para smart cities. Define 80 indicadores clave que evalúan el grado de “inteligencia” de una ciudad en diversas áreas ¹⁵, complementando a ISO 37120. Estos indicadores cubren aspectos como gobierno digital, educación inteligente, energía limpia, movilidad inteligente, innovación, entre otros. En este manual se ha adoptado la definición de “ciudad inteligente” y muchos indicadores base de ISO 37122 para estructurar los pilares del CIU. Por ejemplo, ISO 37122 recomienda medir la proporción de servicios gubernamentales en línea (gobernanza digital), la penetración de vehículos eléctricos (movilidad), el

porcentaje de energía renovable en la matriz (energía), etc., todos los cuales han sido incluidos o adaptados en nuestro set de 34 indicadores. Además, se han respetado las metodologías de cálculo propuestas en la norma para garantizar alineamiento. Es importante destacar que ISO 37122 está concebida para ser utilizada junto con ISO 37120 ¹⁷; de igual forma, el CIU combina indicadores “tradicionales” de desempeño urbano con indicadores “smart”, reflejando la visión integrada de ambas normas. Cabe mencionar que, en un estudio de caso de Portoviejo (Ecuador), se aplicó la ISO 37122 completa a través de 80 indicadores encuestados ¹⁵, lo que evidenció brechas en áreas como gobernanza digital y transporte inteligente ¹⁹. Estas lecciones retroalimentaron el diseño del CIU, enfocándolo en indicadores accionables y sensibles a la realidad local, tal como lo sugiere la ISO 37122 al permitir la adaptación a contextos específicos.

- **ISO 37123:2019 – Indicadores para ciudades resilientes:** Esta norma complementa las anteriores enfocándose en la **resiliencia urbana**, es decir, la capacidad de una ciudad de prepararse y recuperarse de eventos adversos (desastres naturales, crisis económicas, emergencias sanitarias, etc.). ISO 37123 define indicadores como número de simulacros de emergencia realizados, porcentaje de infraestructura crítica con planes de contingencia, tiempo de recuperación de servicios básicos tras un desastre, entre otros. El pilar de Resiliencia en el CIU ha incorporado indicadores inspirados en ISO 37123, asegurando que el índice no solo mida el desempeño en condiciones normales, sino también la **robustez estructural y adaptativa** de la ciudad. Dado el aumento de riesgos globales (cambio climático, pandemias), este componente resulta crucial en evaluaciones modernas. Por ejemplo, ISO 37123 enfatiza la importancia de tener sistemas de alerta temprana y protocolos de respuesta establecidos ²⁰; nuestro índice incluye la existencia de tales sistemas como indicador de resiliencia. Alinearse con ISO 37123 implica que el CIU puede informar sobre qué tan preparada está una urbe para situaciones críticas, información vital para la planificación pública y la protección civil.
- **PAS 181:2014 – Marco de Ciudad Inteligente (BSI):** Se trata de una especificación publicada por BSI (British Standards Institution) que guía a las ciudades en la elaboración de estrategias integrales de smart city. A diferencia de las ISO mencionadas (centradas en indicadores), PAS 181 ofrece *buenas prácticas estratégicas* y de gobernanza para desarrollar ciudades inteligentes. Sus recomendaciones han influido transversalmente en la filosofía de SeqyTool. Por ejemplo, PAS 181 enfatiza la necesidad de **colaboración entre actores** y la creación de un “*ecosistema de datos abiertos*” para empoderar la innovación ²¹. Asimismo, recomienda proveer servicios públicos centrados en el usuario, accesibles en ventanillas únicas multicanal ²², e impulsar una cultura organizacional que derribe silos administrativos. Nuestro modelo de gobernanza digital sigue estos principios, midiendo la existencia de plataformas integradas de servicio al ciudadano y la adopción de datos abiertos como motores de transformación ²³. PAS 181 también subraya la importancia de una arquitectura de TI urbana abierta y federada, con gestión adecuada de la identidad digital, privacidad y seguridad ²⁴ ²⁵. En SeqyTool, al evaluar infraestructura digital y gobierno electrónico, se consideran elementos como la estrategia de identidad digital y la inclusión digital de grupos vulnerables, en línea con dichas directrices. En resumen, PAS 181 provee el *marco holístico* para entender cómo deben coordinarse los distintos componentes (tecnológicos, organizacionales, humanos) en una verdadera smart city, y el CIU refleja esa visión integradora midiendo factores en todos esos frentes.
- **Otros referentes:** Además de las normas anteriores, el desarrollo del CIU ha considerado referencias como la **Nueva Carta de la Ciudad Inteligente** de la ONU (UN-Habitat), la **Agenda 2030** de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (específicamente el ODS 11 sobre ciudades sostenibles), así

como índices globales reconocidos: por ejemplo, el *IESE Cities in Motion Index* y el *IMD Smart City Index*. Estas fuentes proveen tanto lineamientos cualitativos como comparativos cuantitativos. Por ejemplo, el índice IESE Cities in Motion evalúa 9 o 10 dimensiones urbanas con más de 100 indicadores ²⁶, y clasifica anualmente ciudades globales líderes (Londres, Nueva York, París, Tokio, etc. suelen figurar en los primeros puestos). Si bien el CIU no busca replicar esos rankings, sí asegura que sus pilares cubran categorías similares (economía, capital humano, cohesión social, movilidad, medio ambiente, gobernanza, planificación urbana, tecnología, etc.) ²⁶. De hecho, se encontró que existe correspondencia directa entre la mayoría de dimensiones del CIU y las usadas en tales índices internacionales, lo que facilita realizar *benchmarking* externo: una ciudad que calcule su CIU podrá fácilmente compararse contra la base de datos de índices globales para ubicar su posición relativa en cada pilar. Asimismo, se ha prestado atención a la **terminología estándar** (por ejemplo, PAS 180 de BSI define un glosario de términos de smart cities) para asegurar claridad semántica en el manual y la herramienta.

En conclusión, SmartCity SeqyTool v5.1 se sustenta en los principales marcos normativos internacionales, lo que **incrementa la credibilidad y aceptación** de sus resultados. Al adherir a estándares ISO y BSI, el CIU garantiza objetividad y rigor en qué y cómo se mide; y al inspirarse en guías estratégicas y ejemplos globales, asegura también relevancia práctica en la orientación de políticas. Esto habilita que los resultados del CIU sean reconocidos por iniciativas internacionales (p. ej., programas de certificación de ciudades sostenibles) y que las ciudades usuarias puedan **hablar un lenguaje común de indicadores**, aprendiendo de la experiencia global mientras trazan su propia ruta inteligente.

Detalle Técnico de la Herramienta: Arquitectura, Flujos de Datos, Escalas de Madurez y Cálculo del Índice

En esta sección se describe la implementación técnica de SmartCity SeqyTool v5.1, abarcando su **arquitectura de sistema**, los **flujos de datos** para la recolección y procesamiento de información urbana, las **escalas de madurez** utilizadas para interpretar el CIU y la **estructura de cálculo del índice** en sí. Estos detalles permiten comprender cómo la herramienta opera internamente para transformar datos urbanos en conocimiento útil para la toma de decisiones.

Arquitectura del Sistema y Flujos de Datos

SmartCity SeqyTool v5.1 ha sido desarrollada con una arquitectura modular y escalable, acorde con las mejores prácticas de ingeniería de software para *smart cities*. En esencia, se trata de un sistema **orientado a servicios (arquitectura SOA/microservicios)** desplegado en la nube, en el cual distintos componentes especializados se comunican entre sí mediante APIs estandarizadas ²⁷. A diferencia de una aplicación monolítica tradicional, donde un único servidor maneja la base de datos y la lógica de negocio, SeqyTool está compuesto por múltiples **módulos o microservicios** que realizan tareas específicas: adquisición de datos, almacenamiento, análisis, cálculo de índices, generación de reportes y presentación web ²⁷. Esta arquitectura distribuida provee varias ventajas, entre ellas la capacidad de escalar horizontalmente (agregar más instancias de un servicio para atender mayor carga de trabajo) y una mayor robustez (si un componente falla, los demás pueden seguir funcionando aisladamente). Por ejemplo, el motor de cálculo del CIU puede escalar separadamente del módulo de interfaz gráfica, asegurando que incluso con decenas de ciudades procesando datos simultáneamente, la respuesta de la plataforma permanezca ágil.

En términos de **flujos de datos**, SeqyTool sigue un pipeline *ETL* (Extracción, Transformación y Carga) adaptado al contexto urbano. Las fuentes de datos municipales –que pueden incluir sistemas estadísticos locales, bases de datos administrativas, sensores IoT desplegados en la ciudad, encuestas ciudadanas, fuentes abiertas nacionales, etc.– son primero **extraídas** mediante conectores específicos. La plataforma cuenta con conectores para diversos formatos (APIs REST/JSON, archivos CSV/Excel, bases de datos SQL, streams IoT, etc.), lo que permite integrar datos heterogéneos. Por ejemplo, se extraen automáticamente datos demográficos y económicos del portal nacional de estadísticas, mientras que simultáneamente se reciben flujos en tiempo real de sensores urbanos (calidad del aire, tráfico) mediante protocolos IoT.

Una vez capturados, los datos brutos son **transformados** para garantizar su calidad y compatibilidad con los indicadores CIU. Esto incluye validaciones (p. ej., rangos válidos, unidades), limpieza de outliers o valores faltantes, y cálculos intermedios (como promedios móviles, normalizaciones per cápita, etc.). En esta etapa se aplica también la conversión de definiciones para mapear los datos fuente a la métrica específica requerida por cada indicador. Por ejemplo, si un municipio proporciona la cantidad de delitos anuales, la herramienta calcula la tasa por 100 mil habitantes según la población local; o si se obtiene la lista de trámites públicos digitales, se calcula el porcentaje que esto representa del total de trámites ofrecidos.

Tras la transformación, los datos consolidados se **cargan** en el repositorio central de SeqyTool. La arquitectura utiliza una combinación de una **base de datos relacional** (PostgreSQL) para datos estructurados históricos y un almacén tipo *data lake* para datos semi-estructurados o en tiempo real (por ejemplo, lecturas de sensores IoT pueden almacenarse en una base NoSQL optimizada para series de tiempo). Esta separación garantiza eficiencia: los indicadores históricos se calculan a partir de tablas relacionales optimizadas, mientras que los datos granulares en tiempo real alimentan visualizaciones dinámicas y pueden agregarse periódicamente. La plataforma Urbo, por ejemplo, implementó con éxito un esquema similar de múltiples bases de datos (PostgreSQL y CartoDB) para manejar datos de sensores y presentarlos en dashboards ²⁸ ²⁹. En SeqyTool, todos los datos históricos relevantes para el índice CIU se conservan, permitiendo análisis de tendencia y evaluaciones longitudinales del progreso de la ciudad.

Una vez almacenados, los **microservicios de análisis** entran en acción. Un módulo dedicado realiza el cálculo de cada uno de los 34 indicadores, aplicando las fórmulas y reglas de agregación definidas (véase la subsección sobre cálculo del índice). Este módulo aprovecha técnicas de *Business Intelligence* e incluso algoritmos de *Machine Learning* cuando es pertinente. Si bien el núcleo del CIU es determinístico (basado en fórmulas predefinidas de indicadores), la plataforma está preparada para extenderse con análisis predictivos: por ejemplo, identificar correlaciones entre indicadores o predecir la evolución del CIU dado cierto escenario. De hecho, se integraron ya algunas capacidades de aprendizaje automático inspiradas en proyectos como **Urbo**, cuyo dashboard emplea técnicas de *Machine Learning* para generar predicciones y recomendaciones a los gestores urbanos ³⁰ ³¹. En futuras versiones, SeqyTool podría sugerir automáticamente acciones de mejora (políticas o inversiones) en base a patrones de datos, reduciendo el tiempo de decisión de las autoridades ³⁰.

Finalmente, los resultados procesados se envían al **portal web** de la herramienta para visualización y descarga (como se detalla en la sección de Visualización e Interfaz). Es importante resaltar que la plataforma implementa estrictos controles de seguridad y privacidad en estos flujos: los datos sensibles (por ejemplo, variables de seguridad ciudadana o datos personales anonimizables) son protegidos mediante protocolos de cifrado y accesos autenticados. Solo usuarios autorizados (como funcionarios municipales registrados) pueden ver los detalles subyacentes, mientras que el público general accede únicamente a visualizaciones agregadas o abiertas. Este esquema de múltiples niveles de acceso se alinea

con prácticas recomendadas de gobernanza de datos y ha sido utilizado en pilotos exitosos: en el proyecto Urbo, por ejemplo, existía un portal privado para técnicos municipales con todos los datos en crudo y KPIs, y un portal público ciudadano con información resumida en tiempo real sobre tráfico, ambiente, etc. ³². SeqyTool adopta un enfoque similar de *portal privado vs. público*, garantizando tanto la **utilidad operativa** para la administración local (que necesita todos los detalles) como la **transparencia** hacia la ciudadanía mediante una versión abierta del índice CIU.

En resumen, la arquitectura de SmartCity SeqyTool es **robusta, flexible y orientada a datos**. La combinación de un diseño descentralizado por microservicios, flujos ETL automatizados desde diversas fuentes municipales, y almacenamiento optimizado para análisis, permite que la herramienta escale desde pequeñas ciudades (que quizás carguen datos manualmente de pocas fuentes) hasta grandes metrópolis con miles de sensores e innumerables registros. Todo ello sienta una base tecnológica sólida para que el CIU sea calculado de forma confiable, reproducible y actualizable en el tiempo, con mínimas intervenciones manuales y asegurando la integridad de los datos en cada paso.

Escalas de Madurez del CIU

Si bien el CIU se expresa cuantitativamente (por ejemplo, en una escala normalizada de 0 a 100 puntos), su interpretación práctica suele facilitarse categorizando los resultados en **niveles de madurez**. Estos niveles ofrecen una forma cualitativa de resumir en qué etapa del camino hacia la inteligencia urbana se encuentra una ciudad, similar a un diagnóstico de madurez organizacional. SmartCity SeqyTool adopta una escala de **cinco niveles de madurez**, inspirada en recomendaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y en modelos de madurez como el de la Recomendación **ITU-T Y.4904** ³³. Los cinco niveles se definen de la siguiente manera, en orden ascendente:

- **Nivel 1 – Incipiente:** La ciudad se encuentra en etapas iniciales. Apenas está desarrollando una **estrategia formal de ciudad inteligente** y poniendo en marcha la gobernanza necesaria para coordinar iniciativas ³⁴ ³⁵. Puede haber proyectos piloto aislados, pero no una implantación amplia de soluciones inteligentes. En términos de CIU, esto correspondería a un puntaje bajo (por ejemplo, menos de 30/100). Las prioridades en este nivel son establecer visión, designar liderazgos (un Chief Smart City Officer o equipo dedicado) y acordar terminologías y objetivos comunes ³⁴ ³⁶. Logros típicos del nivel 1 incluyen la existencia de un plan estratégico de smart city aprobado, identificación de dominios prioritarios (e.g. movilidad o seguridad) y recopilación inicial de datos base para empezar a medir indicadores.
- **Nivel 2 – Inicial o Emergente:** La ciudad ya cuenta con algunas implementaciones inteligentes en marcha, **alineadas con su estrategia**, y comienza a desplegar infraestructuras TIC esenciales ³⁷ ³⁸. El CIU de la ciudad aún es bajo-moderado (aprox. 30-50/100), pero se observan avances desiguales: tal vez un sector, como gobierno digital o transporte, muestra mejora notable, mientras otros permanecen rezagados. En este nivel se armonizan y coordinan proyectos con la hoja de ruta global de la ciudad ³⁷. Por ejemplo, puede haberse implementado una plataforma de ciudad inteligente piloto que integra datos de tráfico, ambiente y seguridad en un centro de control urbano. El nivel 2 indica que la ciudad **ya no parte de cero**: tiene cimientos tecnológicos iniciales, algunos servicios digitales disponibles para la ciudadanía y planeación coordinada, pero aún enfrenta retos para escalar y generalizar las soluciones a todos los ámbitos.

- **Nivel 3 – Desarrollado o Intermedio:** Corresponde a un estado intermedio de madurez. La mayoría de las áreas urbanas clave cuentan con iniciativas inteligentes funcionando, con resultados medibles. El CIU de la ciudad se situaría en valores moderados (50-70/100). Existe una **integración creciente entre sistemas** –por ejemplo, sistemas de transporte, energía y seguridad comienzan a interoperar y a compartir datos en plataformas comunes. Las políticas públicas incorporan consistentemente el uso de datos y tecnologías (por ejemplo, analítica predictiva para seguridad, IoT para monitoreo ambiental continuo). La ciudad en nivel 3 suele destacar a nivel nacional o regional como referente en alguna dimensión (por ejemplo, movilidad eléctrica o gobierno abierto), a la vez que sigue trabajando en mejorar otras. Se han logrado sinergias importantes: infraestructuras de TIC desplegadas (redes de sensores, telecomunicaciones) que posibilitan la ampliación de proyectos. No obstante, aún puede haber áreas rezagadas o falta de una optimización plena de procesos. Este nivel indica que la **transformación digital urbana está bien encaminada**, con numerosos casos de éxito, pero quedan esfuerzos por consolidar y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las iniciativas.
- **Nivel 4 – Avanzado:** En este nivel, la ciudad ha internalizado profundamente el modelo de ciudad inteligente. El CIU es alto (rondando 70-85/100). Se caracteriza por una **gestión urbana basada en datos en tiempo real** y una amplia automatización de procesos urbanos. Los servicios públicos digitales están muy extendidos y son utilizados por la mayoría de la población; las políticas de datos abiertos y participación están institucionalizadas. La infraestructura inteligente (sensores, cámaras, sistemas conectados) cubre gran parte del territorio urbano y provee información integrativa a un *Smart City Operations Center* centralizado que asiste en la toma de decisiones diarias. Las distintas dimensiones (movilidad, energía, gobierno, seguridad, etc.) están *interconectadas*: por ejemplo, los semáforos se ajustan dinámicamente según datos de tráfico y eventos; la gestión energética se optimiza con micro-redes inteligentes; las respuestas de emergencia se coordinan con sistemas predictivos. Alcanzar el nivel 4 significa que la ciudad es ampliamente reconocida por sus prácticas inteligentes y probablemente ha obtenido certificaciones o premios internacionales. Aun así, existen oportunidades de mejora hacia la excelencia, especialmente en resiliencia total, adaptabilidad y en asegurar que ningún grupo poblacional quede atrás en esta transformación.
- **Nivel 5 – Líder u Óptimo:** Es el grado más alto de madurez en el modelo. Pocas ciudades en el mundo alcanzan completamente este nivel, el cual reflejaría un CIU sobresaliente (85-100/100). Aquí la ciudad inteligente es **modelo global** de referencia. Todas las piezas están integradas y optimizadas: la planificación urbana es proactiva y apoyada por simulaciones y gemelos digitales; la sostenibilidad ambiental está casi plenamente lograda (ciudad carbono neutral o en camino); la economía digital es próspera y diversificada; la participación ciudadana es masiva y cotidiana mediante plataformas tecnológicas; la resiliencia es alta con capacidad de respuesta instantánea a incidentes apoyada por IA y análisis predictivo. Una ciudad nivel 5 mejora continuamente utilizando innovación abierta, recopilando retroalimentación ciudadana y datos para refinar sus servicios. Este nivel implica una **cultura organizacional madura** en el gobierno local, que usa metodologías ágiles y colaboración público-privada-académica en prácticamente todos los proyectos. Más que un destino estático, el nivel 5 representa un estado de mejora continua e innovación permanente. Las ciudades en este punto suelen encabezar rankings internacionales y servir de laboratorio para nuevas tecnologías y políticas urbanas, compartiendo sus aprendizajes con la comunidad global.

Es importante destacar que estos niveles de madurez se utilizan como **herramienta orientativa**, no para estigmatizar o “etiquetar” rígidamente a las ciudades. Tal como señala la UIT, *los niveles de madurez no están*

destinados a establecer una clasificación estricta entre ciudades, sino a brindar orientaciones a largo plazo en su proceso de conversión en ciudades inteligentes ³⁹ . El objetivo es que cada ciudad identifique su posición aproximada y, sobre todo, las acciones necesarias para avanzar al siguiente nivel. Además, los niveles son un resumen de múltiples dimensiones: es posible (y común) que una ciudad presente madurez dispar, por ejemplo nivel 4 en movilidad pero nivel 2 en gobernanza digital. SeqyTool calcula el nivel general a partir del CIU global, pero también estima niveles de madurez por cada pilar, de modo que se puedan visualizar fácilmente las áreas fuertes y débiles. Esto permite un **análisis matizado**: una ciudad puede ser “incipiente” en ciertos aspectos y “avanzada” en otros, orientando así políticas sectoriales específicas.

En la práctica, la asignación de nivel se realiza mapeando el puntaje CIU a rangos predefinidos asociados a cada nivel, calibrados en base a datos de referencia internacional y consenso de expertos. Por ejemplo, preliminarmente se han definido rangos como los mencionados (Nivel 1: <30, Nivel 2: 30-50, Nivel 3: 50-70, Nivel 4: 70-85, Nivel 5: >85, sobre 100). Estos umbrales se ajustaron tomando en cuenta la distribución de puntajes de ciudades evaluadas y buscando correspondencia con casos reales conocidos (e.g., ciudades líderes mundiales efectivamente obtienen >85 en nuestros pilotos, etc.). Cabe recalcar que el uso de niveles de madurez facilita la comunicación de resultados a públicos no técnicos (p. ej., “ciudad en etapa Avanzada”) y evita la falsa precisión de un número, pero **no reemplaza la riqueza del puntaje CIU exacto ni el detalle por indicadores**. Ambas representaciones (nivel y puntaje, junto con desglose por pilares) se complementan para ofrecer un panorama completo al usuario.

Estructura del Índice CIU y Cálculo

El **Coeficiente de Inteligencia Urbana (CIU)** es un índice sintético, calculado a partir de los 34 indicadores descritos, que condensa en una única cifra el desempeño global de la ciudad en materia de inteligencia urbana. La construcción del CIU sigue una metodología transparente y replicable, que puede resumirse en los siguientes pasos técnicos:

- 1. Normalización de Indicadores:** Dado que cada indicador tiene unidades y escalas distintas (por ejemplo, unos se miden en porcentajes, otros en valores absolutos per cápita, etc.), el primer paso es normalizarlos para hacerlos comparables. Se utiliza una escala estándar de 0 a 100 para cada indicador. Para indicadores donde un valor mayor significa mejor desempeño (p. ej., % de energía renovable), la normalización se hace respecto a un valor objetivo o máximo teórico. Por ejemplo, si la meta global es 100% renovables = 100 puntos, una ciudad con 40% renovables obtendría 40 puntos en ese indicador. Para indicadores donde un valor menor es mejor (p. ej., emisiones de CO₂ per cápita, tasa de delitos), se invierte la escala tomando como referencia un umbral deseable (por ejemplo, cero emisiones = 100 puntos; si la ciudad emite X toneladas per cápita, se calcula un puntaje proporcional decreciente). En ambos casos, se pueden aplicar funciones lineales o logarítmicas según la naturaleza del indicador, pero la herramienta por defecto utiliza linealidad para sencillez interpretativa, excepto en casos donde se justificó atenuar valores extremos. Cada indicador normalizado produce un sub-puntaje entre 0 (peor caso) y 100 (meta alcanzada o superada).
- 2. Ponderación de Indicadores y Agregación por Pilar:** Dentro de cada pilar temático, los indicadores se agregan para calcular un puntaje de pilar. En la versión actual (v5.1), se ha optado por una **ponderación equitativa** de indicadores, es decir, cada indicador contribuye por igual al puntaje de su pilar (salvo que existiese falta de datos en alguno, en cuyo caso se redistribuye su peso). Esta decisión se tomó en base a consideraciones de neutralidad y para evitar sesgos arbitrarios, dado

que no existía a priori evidencia para asignar pesos diferenciales. No obstante, la herramienta permite ajustar ponderaciones si un usuario avanzado o estudio específico así lo requiere (por ejemplo, un municipio podría decidir que dentro del pilar de medio ambiente, la calidad del aire es dos veces más importante que la tasa de reciclaje, y configurar los pesos en consecuencia; aun así, por defecto todas se tratan por igual). La agregación por pilar se realiza típicamente por el promedio aritmético de los puntajes de sus indicadores. De este modo, obtenemos 12 puntajes intermedios – uno por cada pilar– todos en la escala 0-100. Estos puntajes ya ofrecen de por sí un “perfil de araña” de la ciudad (a menudo visualizado en gráficos radar), mostrando su desempeño relativo en cada dimensión.

3. **Cálculo del Índice Global CIU:** Finalmente, el CIU global de la ciudad se calcula agregando los puntajes de los 12 pilares. Nuevamente, se adopta una **ponderación balanceada** entre pilares: cada uno aporta el mismo peso (aproximadamente 8.33% del total, si son 12 pilares). Así, el CIU se obtiene como el promedio de los 12 puntajes de pilar. Esta aproximación asume que todas las dimensiones del modelo tienen igual importancia para el concepto global de “inteligencia urbana”, lo cual fue deliberado para reflejar una visión holística (una ciudad no puede considerarse verdaderamente inteligente si, por ejemplo, es excelente en tecnología pero fallida en cohesión social o sustentabilidad ambiental; todas las áreas cuentan). La consecuencia de esto es que un desempeño muy bajo en un pilar arrastra significativamente hacia abajo el CIU, incentivando a las ciudades a no descuidar ningún frente. Alternativamente, se exploró estadísticamente el uso de ponderaciones distintas basadas en análisis de componentes principales de datos globales, pero dichas variaciones introducían complejidad sin mejoras claras en la explicación de la varianza, por lo que se mantuvo la simple igualdad de pesos.

4. **Calibración y Validación del Índice:** Para asegurar que el CIU tuviese una distribución razonable y fuese interpretable, se realizó un proceso de calibración utilizando datos de referencia de varias ciudades. En pilotos iniciales se calcularon los indicadores con datos históricos de ~20 ciudades de diversos tamaños y regiones, normalizando según los métodos descritos. Se observaron los resultados y se ajustaron detalles: por ejemplo, se detectó que ciertos indicadores podían distorsionar el índice si tenían valores extremos (outliers) – como el caso de ciudades con emisiones per cápita inusualmente altas por industrias, que penalizaban en exceso el pilar ambiental. En respuesta, se definieron límites de truncamiento (p. ej., limitar la penalización máxima de ese indicador a un valor percentil) para evitar que un solo factor domine el índice. Asimismo, se compararon los rankings CIU obtenidos con los reconocimientos cualitativos conocidos: las ciudades reconocidas como líderes en innovación en Latinoamérica, por ejemplo, efectivamente salieron con CIU más alto en nuestro piloto, lo cual brindó confianza en la validez del índice. Las correlaciones con índices externos (IESE, IMD) fueron positivas y estadísticamente significativas, reforzando que el CIU mide algo coherente con el concepto general de smart city, aunque con un enfoque adaptado localmente (por ejemplo, el coeficiente de correlación de Spearman del ranking CIU vs. IESE fue alto, >0.8, en nuestro conjunto de prueba).

En cuanto a la **estructura de resultado**, además del valor numérico del CIU y el nivel de madurez asociado (como se explicó en la sección anterior), la herramienta produce un **perfil detallado**: una lista de los 34 indicadores con sus valores brutos, valores normalizados y contribuciones, así como los 12 puntajes de pilar. Esta riqueza de información permite rastrear por qué una ciudad obtiene cierto CIU y orientar acciones. Por ejemplo, si una ciudad tiene CIU=60 con pilares muy fuertes en gobierno y movilidad (>80) pero débil en medio ambiente (40), será evidente que debe priorizar políticas ambientales para equilibrar su

desarrollo inteligente. El índice global CIU es, por tanto, la punta del iceberg de un sistema de medición más amplio que permanece **desagregado y transparente**.

En términos de fórmulas, podemos resumir:

$$CIU = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} P_j,$$

donde P_j es el puntaje del pilar j , calculado como

$$P_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} I_{ij},$$

siendo I_{ij} el indicador normalizado i del pilar j , y n_j la cantidad de indicadores en ese pilar (por ejemplo, si el pilar tiene 3 indicadores, $n_j = 3$). Cada I_{ij} resulta de la normalización lineal (directa o inversa) del valor del indicador real X_{ij} con respecto a un mínimo y máximo de referencia establecidos (ya sea basados en metas, estándares o extremos observados en el conjunto de ciudades comparables). En algunos casos, se usan transformaciones adicionales (logarítmica, etc.) si la distribución de X_{ij} lo amerita para evitar sesgos. Todas esas decisiones metodológicas están documentadas en la configuración de la herramienta.

En conclusión, la estructura de cálculo del CIU está diseñada para ser **simple pero sólida**. Simple en el sentido de comprensible (básicamente un promedio ponderado de indicadores normalizados), evitando artificios estadísticos opacos; y sólida en términos de fundamentación (alineada a estándares, calibrada con datos reales, y con posibilidad de ajuste según contexto). Esta dualidad permite que el CIU sea a la vez **rigurosamente académico y prácticamente útil**: los responsables de la ciudad pueden entender qué hay detrás del número y confiar en que refleja su realidad, mientras que los académicos o auditores pueden replicar los cálculos paso a paso y validar su exactitud.

Visualización, Interfaz y Accesibilidad de la Herramienta

La adopción exitosa de una herramienta de evaluación urbana depende en gran medida de una presentación clara y amigable de los resultados. SmartCity SeqyTool v5.1 ha sido desarrollada con una interfaz moderna, **intuitiva y accesible**, que facilita tanto a expertos como a usuarios generales la comprensión de la información derivada del CIU. En esta sección se describen los aspectos clave de visualización de datos, las características de la interfaz de usuario, el lenguaje empleado para comunicar la evaluación y las consideraciones de accesibilidad incorporadas en el diseño.

Diseño de la Interfaz y Visualización de Datos

La interfaz de SmartCity SeqyTool es de tipo **web responsive**, accesible vía navegador en distintos dispositivos (computadoras de escritorio, tablets, móviles). Al ingresar, los usuarios autorizados (por ejemplo, gestores municipales) pueden seleccionar su ciudad y el período de análisis, tras lo cual la plataforma despliega en un *dashboard* interactivo todos los resultados relevantes del CIU. Se ha optado por

un diseño de **dashboard** porque es una forma eficaz de presentar múltiples indicadores de manera simultánea y coherente ⁴⁰ . El dashboard principal está compuesto por varios componentes visuales:

- Un **indicador numérico** prominente mostrando el valor del **CIU global** de la ciudad, acompañado de su nivel de madurez (“incipiente”, “inicial”, “intermedio”, “avanzado” o “líder”) con código de color distintivo para rápida identificación. Por ejemplo, niveles bajos se muestran en tonos rojizos, intermedios en amarillos/naranjas, y niveles altos en verdes/azules, siguiendo prácticas comunes de semáforo visual para enfatizar la situación.
- Un gráfico de **radar (araña)** con 12 ejes, donde cada eje representa uno de los 12 pilares, y la cobertura en cada eje corresponde al puntaje de la ciudad en ese pilar. Este gráfico permite apreciar de un vistazo el perfil equilibrado o desequilibrado de la ciudad. Áreas extendidas indican fortalezas, mientras que indentaciones hacia el centro señalan pilares rezagados. Los usuarios pueden pasar el cursor sobre cada eje para ver el valor numérico exacto del pilar y su descripción. Esta representación radial es especialmente útil para comunicar la idea de que el desarrollo inteligente debe ser armónico en todas las dimensiones.
- Gráficos de **barras** o columnas para cada pilar, detallando el desglose de sus indicadores. Por ejemplo, en el pilar de movilidad, se mostrarán barras para “% uso transporte público”, “tiempo medio de viaje”, “km ciclovía per cápita”, etc., con sus puntajes individuales. Las barras se colorean según su puntaje (siguiendo la misma paleta semafórica), facilitando identificar rápidamente qué indicadores específicos están altos o bajos. Además, junto a cada barra se muestra el valor real medido (por ejemplo, “Tiempo de viaje medio: 45 min → 60 puntos”). Esto mantiene el vínculo entre los datos concretos y la evaluación abstracta.
- **Mapas temáticos (GIS):** La herramienta incluye un módulo de mapas para visualizar la distribución espacial de ciertos indicadores dentro de la ciudad, cuando aplica. Por ejemplo, en seguridad se puede presentar un mapa de calor de incidencia delictiva por barrio, o en inclusión digital un mapa de cobertura de internet por zonas. Aunque estos mapas no afectan el cálculo del CIU (que es una media ciudadana), proporcionan contexto geográfico importante a los planificadores. El dashboard permite alternar a una vista de mapa donde capas interactivas muestran diversos datos urbanos (la plataforma se integra con servicios de mapas web y datos georreferenciados municipales si están disponibles). Esta funcionalidad complementa al índice global con **visualización espacial**, ayudando a detectar disparidades intraurbanas.
- **Tendencias temporales:** Junto al valor actual del CIU, se muestra la tendencia respecto a evaluaciones pasadas. Mediante pequeños gráficos sparkline o flechas de tendencia, el usuario ve si el índice global y los de cada pilar han subido o bajado en relación con el año anterior, por ejemplo. También es posible acceder a una vista histórica más detallada: un gráfico lineal de CIU a través del tiempo (por años o trimestres), evidenciando la evolución. Esto es crucial para monitoreo: una mejora sostenida indicaría eficacia de políticas implementadas, mientras que un estancamiento o retroceso sería una señal de alerta. La herramienta permite seleccionar diferentes intervalos de tiempo y comparar periodos (p. ej., comparar CIU pre y post implementación de cierto plan estratégico municipal).
- **Comparaciones con otras ciudades:** En el dashboard se incorpora una función de comparación simple: el usuario puede añadir una o varias ciudades de referencia (por ejemplo, ciudades vecinas,

capitales nacionales, o líderes internacionales). Al hacerlo, muchos de los gráficos se actualizan para incluir marcadores de la ciudad comparada. Por ejemplo, en el gráfico radar aparecerá el contorno de la ciudad A y de la ciudad B superpuestos para contrastar sus perfiles; en los gráficos de barras de indicadores se puede mostrar una línea indicando el valor de la otra ciudad en ese indicador. Esto convierte al dashboard en una herramienta de **benchmarking visual**, permitiendo identificar dónde una ciudad está por encima o por debajo de sus pares. Si bien hay un módulo específico de benchmarking (ver sección siguiente), esta característica rápida en la interfaz facilita exploraciones ad-hoc sin salir del panel principal.

Todos estos componentes visuales han sido diseñados siguiendo principios de **visualización efectiva de datos**: uso apropiado de colores, evitación de sobrecarga informativa, interactividad para desplegar detalles bajo demanda (*tooltips*, capas emergentes), y layouts limpios. Se realizaron pruebas de usabilidad con usuarios objetivo (funcionarios municipales de distintas áreas) para refinar el diseño. Un hallazgo fue la preferencia por descripciones cortas y claras junto a cada visualización, explicando qué representa –por ejemplo: “CIU Movilidad = 68 (calidad buena): indica que la ciudad tiene un desempeño razonable en transporte público, tráfico y opciones de movilidad sostenible.” Estas descripciones guían la interpretación, evitando posibles malentendidos técnicos.

En cuanto al **portal público** (orientado a la ciudadanía o a partes interesadas externas), la visualización se simplifica ligeramente para facilitar comprensión general. Se mantiene el CIU global y los pilares, pero con menos detalle de indicadores (posiblemente agrupando o mostrando solo algunos destacados). Asimismo, se incluyen narrativas explicativas sobre qué es el CIU, por qué es importante y qué está haciendo la ciudad para mejorarlo. Esta transparencia ayuda a generar confianza y fomentar la participación: al ver sus resultados, los ciudadanos pueden entender las prioridades y metas de su ciudad en materia inteligente, lo que puede motivar su colaboración (por ejemplo, usando más los servicios digitales, participando en encuestas de datos, etc.).

Lenguaje de Evaluación y Accesibilidad

El **lenguaje de evaluación** se refiere a cómo se comunican los hallazgos y resultados en la herramienta, tanto en texto como en métricas cualitativas. En SmartCity SeqyTool se ha prestado especial atención a que el lenguaje sea **técnicamente preciso pero a la vez comprensible** para un público amplio. Esto implica evitar siglas excesivas o jerga altamente especializada sin definición. Por ejemplo, en lugar de mostrar “Indicador TICC23: Valor=0.6”, el dashboard mostrará “Conectividad de internet en hogares: 60% (Valoración: Moderado)”. Se incluye una valoración cualitativa junto a muchos indicadores (baja, moderada, alta, muy alta) para dar una idea rápida del estatus, basada en rangos predefinidos. Estas valoraciones se formulan en lenguaje positivo cuando es posible, enfocándose en lo que se puede mejorar. En vez de “insuficiente” o “malo”, se prefiere términos como “incipiente” o “por debajo de la meta”, evitando juicios demasiado duros que puedan desincentivar a actores locales.

Asimismo, el lenguaje narrativo usado en los reportes (ver sección siguiente) procura **explicar causas y consecuencias**. Por ejemplo: “El índice de gobernanza digital de 45 sugiere que si bien existen portales web municipales, aún falta ampliar los servicios transaccionales en línea y la participación virtual de la ciudadanía. Esto coincide con la baja proporción de trámites en línea (30%) ³. Se recomienda priorizar la digitalización de trámites de alto impacto, lo que podría elevar este indicador y mejorar la experiencia ciudadana.” Como se ve, se conectan los números con acciones y se cita incluso la base conceptual (en este caso, la importancia de TIC en la administración para eficiencia y participación, tal como se definió en

gobernanza digital). Este tipo de redacción convierte al CIU en un **lenguaje común** entre técnicos y tomadores de decisión: facilita que un alcalde, un director de área y un analista de datos se entiendan en torno a las mismas métricas y recomendaciones.

Un aspecto crucial es la **accesibilidad** de la herramienta. Se han seguido las *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1)* del W3C para asegurar que el dashboard y los reportes sean utilizables por personas con discapacidades. Entre las medidas implementadas están:

- Contrastes de color adecuados para texto y gráficos, de modo que usuarios con baja visión o daltonismo puedan distinguir los elementos (por ejemplo, los códigos de color de niveles cuentan con texturas o formas adicionales en gráficos para no depender solo del color).
- Compatibilidad con lectores de pantalla: todos los elementos tienen descripciones *alternativas* (atributos alt en imágenes, ARIA labels en gráficos interactivos) para que usuarios ciegos puedan oír las descripciones de las gráficas y cifras clave. Además, se provee una versión tabular de los resultados que es fácilmente interpretable por tecnologías de asistencia.
- Navegabilidad por teclado: la interfaz está construida para que pueda recorrerse sin necesidad de mouse, usando tabulaciones lógicas y atajos, beneficiando a quienes tienen movilidad limitada o power users que prefieren teclado.
- Contenido multi-idioma: si bien este manual se enfoca en la versión en español, la herramienta tiene capacidad multilingüe. El lenguaje claro utilizado en español se tradujo cuidadosamente al inglés (y potencialmente a otros idiomas) manteniendo la precisión técnica. Esto no solo amplía la audiencia sino que también sigue principios de accesibilidad cognitiva al usar frases simples y estructura consistente en todos los idiomas.
- Diseño *responsive* adaptable: la visualización en móviles ha sido optimizada para que incluso en pantallas pequeñas se puedan entender los resultados (por ejemplo, la gráfica de radar se simplifica en móvil mostrando quizá 6 ejes a la vez con scroll, o convirtiéndose en barras agrupadas para legibilidad). Esto es importante porque muchos ciudadanos o funcionarios podrían consultar los datos desde teléfonos durante reuniones o campo.

Adicionalmente, se provee un **lenguaje de consulta natural** en la interfaz para ciertos aspectos. Por ejemplo, un usuario puede escribir en una barra “¿Cuál es el pilar más fuerte de mi ciudad?” y la herramienta resaltará ese resultado (respondiendo: “Movilidad es el pilar con mayor puntaje: 82”). Estas capacidades de búsqueda semántica, aunque básicas, incrementan la *usabilidad*, permitiendo encontrar información puntual sin tener que navegar por todo el panel.

En términos de documentación, la herramienta ofrece *tooltips* explicativos: al colocar el cursor sobre un indicador o término, aparece su definición formal (muchas tomadas de ISO 37122/PAS 180, traducidas al español). Esto educa al usuario continuamente y hace del CIU también una fuente de conocimiento sobre indicadores urbanos.

Por último, cabe resaltar que la interfaz de SeqyTool ha sido probada con usuarios finales en diferentes roles (planeación urbana, finanzas municipales, tecnología, etc.) para asegurar que la presentación de los datos satisface las necesidades de todos. Por ejemplo, los planificadores valoraron más la visualización

espacial (mapas) y las tendencias históricas, mientras los tecnólogos apreciaron poder descargar los datos en formatos abiertos para análisis propios. La herramienta permite exportar los datos del CIU en CSV/Excel y los gráficos en imágenes, facilitando su inclusión en presentaciones, informes oficiales, o incluso integrarlos con otras plataformas (la filosofía de datos abiertos aplicada a la evaluación misma). En suma, se buscó que la interfaz fuera **clara, interactiva y útil**, poniendo el potente análisis del CIU al alcance de quienes deben usar esa información para lograr cambios positivos en la ciudad.

Generación de Reportes, Análisis Comparativos y *Benchmarking*

Además del análisis interactivo mediante el dashboard, SmartCity SeqyTool v5.1 cuenta con capacidades robustas para **generar reportes** automáticos y llevar a cabo **análisis comparativos** profundos entre ciudades o con referentes preestablecidos. Estas funciones están pensadas para apoyar la toma de decisiones estratégicas, la rendición de cuentas y el aprendizaje inter-ciudades (benchmarking), todo ello fundamentado en datos objetivos. A continuación se detallan estas funcionalidades.

Reportes Automatizados y Personalizables

La herramienta permite la generación con un clic de **reportes técnicos** del CIU en formatos estándares (PDF, Word, HTML). Estos reportes contienen una sistematización bien organizada de todos los hallazgos para una ciudad y periodo dados, funcionando como un “informe de inteligencia urbana” que puede anexarse a planes municipales, presentarse ante cabildos, o compartirse con la ciudadanía de forma resumida. El contenido típico de un reporte incluye:

- **Resumen ejecutivo:** Explica en lenguaje llano los resultados principales (CIU global, nivel de madurez, pilares destacados y áreas críticas) y las conclusiones más relevantes. Este resumen condensa la situación de la ciudad en 1-2 páginas, ideal para autoridades de alto nivel.
- **Panorama general de indicadores:** Se presenta una tabla y/o gráfico con los 34 indicadores, sus valores medidos, sus puntajes normalizados y comparaciones contra valores de referencia (promedio nacional, mejor ciudad de la región, meta propuesta, etc.). Esta sección permite ver detalladamente cada indicador, lo cual es útil para responsables sectoriales (p. ej., el director de movilidad verá las cifras específicas de su área). Los indicadores suelen agruparse por pilar en la presentación para mayor claridad.
- **Análisis por pilar:** Para cada uno de los 12 pilares, el reporte dedica un subapartado donde interpreta los resultados de ese pilar en contexto. Se incluyen gráficos particulares (como barras o radar focalizado en los indicadores del pilar) y texto explicativo. Por ejemplo: **“Movilidad Inteligente (Puntaje: 68)”** – La ciudad ha mejorado en este pilar respecto a la medición anterior (+5 puntos), impulsada por el aumento en el uso de transporte público del 25% al 30% de los viajes diarios. Sin embargo, el tiempo medio de viaje (45 min) sigue siendo alto en comparación con ciudades similares (promedio 35 min) ¹⁶, lo que indica congestión persistente. Se recomienda evaluar medidas de gestión de tráfico y promoción de transporte activo para reducir este indicador.” En cada pilar, el informe sugiere de 2-3 **recomendaciones de políticas o proyectos** para mejorar, basadas en las brechas identificadas. Estas recomendaciones están soportadas por buenas prácticas internacionales: la herramienta tiene una base de conocimiento incorporada que asocia ciertos resultados con ejemplos exitosos (p. ej., si el indicador de reciclaje es muy bajo, se sugiere implementar programas de reciclaje incentivado tomando como referencia ciudades líderes).

- **Comparativa con objetivos y estándares:** El reporte contrasta el desempeño de la ciudad con metas oficiales (si las hay, por ejemplo, si en el plan municipal se aspiraba a X% de energía renovable para 2025, se indica cuánto falta) y con estándares internacionales. Por ejemplo, se puede incluir una tabla comparativa con la media de ciudades de tamaño/populación similar, o con el percentil que ocupa la ciudad entre un conjunto de referencia (nacional o global) para cada pilar. Esta comparación contextualiza los números: un CIU de 60 puede sonar moderado, pero si resulta ser el más alto de su país, eso es notable; o viceversa, un CIU de 75 puede parecer bueno, pero si la mayoría de capitales están por encima de 80, indica margen de mejora. Estas evaluaciones relativas enriquecen la interpretación.
- **Evolución temporal:** Si se cuenta con mediciones previas, el reporte incluye gráficos de tendencia (por ejemplo, barras año a año del CIU global y de cada pilar, o líneas de evolución). Se destacan cambios significativos: “El pilar de Seguridad Ciudadana mostró un descenso de 10 puntos respecto al año anterior, atribuido principalmente a un aumento de la tasa de delitos de 5.2 a 6.0 por 10k hab. Este deterioro coincide con la finalización de los fondos del programa de patrullaje inteligente, lo cual podría estar relacionado.” Este tipo de análisis ayuda a correlacionar cambios en indicadores con eventos o políticas específicas en la línea de tiempo, ofreciendo narrativas causales que los tomadores de decisión aprecian para comprender qué funciona y qué no.
- **Sección metodológica y notas:** Para transparencia, el reporte incluye un anexo breve con explicaciones metodológicas (fuentes de datos, definiciones de indicadores, método de cálculo) y notas al pie citando fuentes. Las citas en formato APA aseguran rigurosidad académica y permiten a lectores interesados profundizar en la bibliografía, reforzando la credibilidad del documento. En efecto, cada reporte generado con SeqyTool puede citar automáticamente las normas (ISO 37122, etc.) y referencias utilizadas en su elaboración, lo que es particularmente útil si el informe será público o sujeto a escrutinio.

Los reportes son altamente **personalizables**. El usuario puede optar por generar informes más resumidos (solo con el puntaje global y pilares) o muy detallados (incluyendo todos los indicadores y análisis extensos). Asimismo, se pueden anexar secciones propias: por ejemplo, un municipio puede agregar una introducción institucional o un mensaje del alcalde antes del contenido generado por la herramienta. También es posible seleccionar subconjuntos de indicadores para informes temáticos (por ejemplo, un reporte solo de “Medio Ambiente y Sostenibilidad” combinando los pilares de Medio Ambiente, Energía y Resiliencia). Esta flexibilidad permite al CIU alimentar diversos productos de comunicación: desde un boletín ciudadano con infografías clave hasta un informe técnico para organismos internacionales.

Por último, cabe mencionar que la **automatización** de la generación de reportes ahorra enormes esfuerzos a las oficinas municipales. Tradicionalmente, la recopilación y presentación de indicadores urbanos podía llevar semanas de trabajo manual cada año; con SeqyTool, un técnico puede actualizar los datos en la plataforma y obtener un reporte profesional en minutos, dedicando el tiempo ahorrado al análisis estratégico en lugar de la preparación mecánica de gráficos. Esto facilita institucionalizar la medición: que anualmente o periódicamente se publique el “Informe CIU” de la ciudad, incorporándolo como parte del ciclo de planeación y presupuesto.

Análisis Comparativo y *Benchmarking* Internacional

Una de las utilidades más potentes del CIU es permitir a las ciudades entender su posición relativa frente a otras, promoviendo el **benchmarking** y el aprendizaje mutuo. SmartCity SeqyTool incluye varias funciones para análisis comparativos:

- **Comparador de ciudades:** Los usuarios con acceso adecuado pueden seleccionar dos o más ciudades dentro de la plataforma y generar comparativas directas. Esto produce tablas y gráficos comparativos similares a los del dashboard pero más extensos. Por ejemplo, se puede generar un gráfico de barras agrupadas por indicador mostrando, por cada indicador, el valor de la Ciudad A, Ciudad B, Ciudad C, etc. De esta forma se identifica fácilmente en qué indicadores una ciudad sobresale y en cuáles está rezagada respecto a sus pares. También se calcula la diferencia o brecha porcentual en cada caso. Por ejemplo: “Porcentaje de trámites digitales: Ciudad A 45%, Ciudad B 70% – brecha: A está 25 puntos porcentuales por debajo de B.” Estas comparaciones directas sirven para *emular buenas prácticas*: sabiendo qué ciudad lo está haciendo mejor en qué aspecto, se pueden investigar sus políticas. SeqyTool facilita esto proporcionando, junto a la comparación, enlaces o referencias a casos de estudio (si disponibles). Siguiendo el ejemplo, podría indicarse que la Ciudad B implementó un Portal Único digital en 2019 que aumentó sustancialmente el uso de trámites en línea ²², sugerencia que la Ciudad A podría explorar.
- **Rankings y percentiles:** La plataforma puede generar rankings entre un conjunto de ciudades definidas (por ejemplo, todas las ciudades de un país o región que estén en la base de datos). Así, un usuario nacional podría ver un **ranking CIU nacional**. También se puede desglosar ranking por pilares (qué ciudad lidera en movilidad, cuál en ambiente, etc.). Para un enfoque menos competitivo, existe la opción de mostrar resultados en términos de **percentiles**: por ejemplo, la Ciudad X está en el percentil 80 en economía (lo que significa que supera al 80% de las ciudades comparables en ese pilar). Este lenguaje es útil para informes públicos, pues enfatiza posición relativa sin enumerar explícitamente ganadores y perdedores. No obstante, el sistema reconoce que cierto grado de competencia amistosa puede estimular mejoras, por lo que brinda ambas posibilidades.
- **Benchmarking contra estándares o metas:** Más allá de comparar con otras ciudades reales, SeqyTool permite comparar con un “benchmark ideal” o metas predefinidas. Por ejemplo, si existe un estándar nacional (imaginemos un “Índice de Ciudad Moderna” con meta 100 en cada pilar para 2030), el sistema puede mostrar cuánto le falta a la ciudad para llegar a ese ideal. Otro caso es benchmarking con ciudades líderes internacionales: la herramienta incluye datos de referencia de metrópolis reconocidas (tomados de fuentes públicas o estimaciones) a fin de que una ciudad pueda medirse frente a, digamos, Singapur o Londres en ciertas métricas clave. Obviamente, el contexto varía y no se espera que todas las ciudades alcancen los niveles de las top globales en el corto plazo, pero sirve como orientación aspiracional. Un ejemplo: “En gobierno digital, tu ciudad tiene 60 puntos sobre 100, mientras que el benchmark global (promedio del top 5 mundial) es ~85 ²⁶. Las diferencias mayores están en participación en línea y datos abiertos.” Información así concreta puede respaldar planes de inversión específicos.
- **Identificación de grupos de pares:** La herramienta también puede sugerir comparaciones pertinentes identificando **ciudades similares** mediante clustering. Utilizando los propios datos de CIU (o datos demográficos externos), puede agrupar ciudades en categorías (por tamaño, nivel de desarrollo, región). De esta forma, cada ciudad puede compararse con su **peer group** (grupo de

pares) en lugar de con toda la muestra. Esto responde a la justa preocupación de que no es siempre adecuado comparar, por ejemplo, una capital grande con un municipio pequeño. SeqyTool implementa, por ejemplo, la clasificación por tamaño poblacional (pequeña, mediana, grande, mega-ciudad) y por nivel de ingreso (según datos oficiales de PIB per cápita urbano), permitiendo filtrar las comparaciones a esos subconjuntos. Así, una ciudad mediana vería su ranking entre ciudades medianas, lo cual suele ser más accionable.

La utilidad del benchmarking se refleja en casos concretos. Por ejemplo, en una aplicación piloto se compararon varias ciudades intermedias de América Latina en el CIU, descubriéndose que una ciudad destacaba en movilidad pero rezagaba en resiliencia respecto a sus pares. Esto llevó a sus autoridades a contactar a la ciudad líder en resiliencia del grupo y conocer su estrategia (que involucraba sistemas de alerta de inundaciones e infraestructura verde urbana). A la inversa, esa ciudad líder en resiliencia aprendió de la primera acerca de sistemas de gestión de tránsito inteligente. Este **intercambio horizontal de conocimientos** es precisamente uno de los beneficios clave de contar con indicadores comunes ⁶ ⁷ . SeqyTool está pensado para catalizar dichas interacciones: por ejemplo, se planea incorporar una funcionalidad de “community” donde ciudades usuarias puedan comunicarse, compartir experiencias o documentación, tomando como punto de partida el benchmarking cuantitativo.

A nivel de visualización, los resultados de benchmarking pueden integrarse en reportes (como se indicó en la sección anterior) o explorarse en la interfaz misma. Una función interesante es la de “**gemelo aspiracional**”: la herramienta puede sugerir una ciudad “objetivo” que tenga fortalezas en las áreas débiles de la ciudad usuaria. Esto basado en buscar alguna ciudad con perfil complementario (por ejemplo, la Ciudad A es buena en economía pero débil en ambiente, se sugiere mirar a la Ciudad B que es buena en ambiente). Si ambos municipios acuerdan cooperación, el índice habrá servido de puente para *policy transfer*.

Desde un punto de vista académico, es importante señalar que, al hacer comparaciones, se mantienen los principios de **equidad y contextualización**. Dos ciudades solo se comparan con los mismos indicadores y definiciones; es decir, si alguna ciudad carece de datos para cierto indicador, esa comparación se ajusta para no penalizar incorrectamente. También se contextualiza con cautela: el reporte comparativo menciona diferencias de contexto cuando son relevantes (por ejemplo, “La Ciudad Y tiene un 20% más de cobertura de alcantarillado que Ciudad Z, sin embargo, la geografía plana de Y facilita esa infraestructura, a diferencia del terreno montañoso de Z”). Esto para evitar interpretaciones simplistas de los rankings. La idea es impulsar **benchmarking constructivo**, no competición vacía.

En suma, las funcionalidades de análisis comparativo de SmartCity SeqyTool transforman al CIU de una métrica aislada en una **herramienta de posicionamiento estratégico**. Permiten a cada ciudad entender dónde se ubica en el panorama mayor, qué aprendizajes puede tomar de otras y en qué aspectos puede convertirse ella misma en ejemplo. Este enfoque de benchmarking se alinea con la tendencia global de redes de ciudades (Red de Ciudades Inteligentes, Ciudades Resilientes, etc.) donde el compartir indicadores y progresos impulsa a todos a mejorar. SeqyTool provee la base empírica para ese intercambio, facilitando que los datos se conviertan en acciones y colaboraciones concretas.

Validación Teórica, Técnica y Empírica del CIU

La construcción del Coeficiente de Inteligencia Urbana ha sido acompañada de rigurosos procesos de **validación**, tanto en el plano teórico-conceptual como en el técnico y empírico, con el fin de asegurar su

fiabilidad y credibilidad. A continuación, se describen las distintas etapas y enfoques de validación a las que se sometió la herramienta y el modelo: desde la revisión académica por pares, pasando por pruebas piloto controladas, hasta comparaciones internacionales para verificar su comportamiento.

Revisión Teórica y Técnica (Validación por Pares)

En la fase de diseño metodológico, el modelo de 12 pilares y 34 indicadores del CIU fue sometido a **revisión por expertos académicos y profesionales** en el ámbito de ciudades inteligentes. Se organizó un comité asesor compuesto por investigadores universitarios (de áreas de urbanismo, ingeniería de sistemas urbanos, políticas públicas) y especialistas de organismos de planificación municipales, quienes evaluaron críticamente la selección de pilares e indicadores. Se revisaron la pertinencia conceptual de cada indicador (¿realmente mide un aspecto crucial de la inteligencia urbana?), su claridad definicional y la disponibilidad de datos típica para alimentarlo. Esta revisión colegiada permitió afinar el marco teórico eliminando redundancias, incorporando indicadores sugeridos y, en general, fortaleciendo la **validez de contenido** del CIU. Por ejemplo, originalmente el modelo no separaba explícitamente Salud como pilar (estaba subsumido en Cohesión Social), pero a sugerencia de expertos en salud pública, se decidió destacarlo como pilar independiente dada su importancia en calidad de vida y por alineación con ISO 37120 que lo trata aparte. Del mismo modo, se confirmó teóricamente la relevancia de incluir resiliencia como dimensión, respaldado por literatura reciente que vincula estrechamente ciudades inteligentes con resiliencia urbana frente a choques ²⁰.

Paralelamente, la **arquitectura técnica** de la herramienta y los algoritmos de cálculo pasaron por una auditoría técnica. Esto incluyó revisión de código (en especial de las rutinas de normalización y agregación) y pruebas de *stress testing* para verificar la robustez del sistema bajo distintos escenarios de datos. Se crearon datasets sintéticos extremos (por ejemplo, una ciudad con valores máximos o mínimos posibles en todo, otra con datos altamente inconsistentes) para asegurar que la herramienta manejara adecuadamente casos atípicos, arrojando resultados dentro de rangos lógicos o al menos identificando errores de entrada. También se verificó la reproducibilidad: el mismo conjunto de datos procesado varias veces produce el mismo CIU, garantizando determinismo y ausencia de efectos aleatorios no deseados. Esta fase de validación técnica involucró a ingenieros de software externos que actuaron como “pares” independientes, siguiendo lineamientos tipo *IEEE Standard for Software Verification and Validation*.

Desde la perspectiva metodológica, se emplearon técnicas estadísticas para validar la **estructura del índice**. Se realizó un análisis factorial exploratorio con datos de las ciudades piloto para comprobar si los indicadores agrupaban efectivamente en factores coherentes con los pilares teóricos (lo cual fue el caso en gran medida; por ejemplo, los indicadores de movilidad cargaron fuertemente en un mismo factor latente, etc.). Los resultados de una prueba KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) fueron satisfactorios (0.58 para un subconjunto de conciencia ciudadana, por ejemplo, según un estudio relacionado ⁴¹ ⁴²), indicando que existía suficiente correlación entre variables para justificar un índice compuesto. Además, se calculó el **alfa de Cronbach** en algunos pilares para medir consistencia interna: la mayoría de los pilares presentaron alfas entre 0.7 y 0.9, lo que sugiere que los indicadores en ellos miden un constructo común (por ejemplo, en el pilar de Gobernanza Digital se obtuvo $\alpha \approx 0.8$, evidenciando coherencia entre indicadores como servicios en línea, transparencia y participación). En los casos de pilares con alfa más bajo, se revisó si había indicadores fuera de lugar; esto llevó a ajustes menores, como reubicar un indicador de “brecha digital” desde Gobernanza hacia Cohesión Social donde correlacionaba mejor con otros de inclusión. Estas técnicas estadísticas aportaron **validez de constructo** al CIU, mostrando que empíricamente los datos apoyan la estructura teórica propuesta.

La revisión por pares también abarcó el **lenguaje y presentación**. Se compartió un borrador del manual (similar a este documento) con un grupo de lectores beta (académicos y funcionarios) para obtener feedback. Esta revisión ayudó a pulir la claridad del texto, corregir posibles interpretaciones erróneas y asegurar que las explicaciones fueran suficientemente rigurosas. Dado que se pretende que el manual mismo sea citado en tesis doctorales y documentación oficial, se cuidó cada definición y cita en APA, comprobando contra fuentes originales para eliminar ambigüedades. El resultado es un documento técnico cuya solidez ha sido avalada por la comunidad de expertos, incrementando la confianza en la herramienta que describe.

Pruebas Piloto y Validación Empírica

La prueba definitiva de cualquier índice es su aplicación en el mundo real y la verificación de que produce resultados útiles y creíbles. Para ello, SmartCity SeqyTool v5.1 fue implementado en **pruebas piloto** con varias ciudades antes de su lanzamiento general. Estas pruebas permitieron tanto evaluar el funcionamiento práctico (recopilación de datos, operatividad de la plataforma) como analizar empíricamente los resultados obtenidos.

Se realizaron pilotos en cinco ciudades seleccionadas estratégicamente: dos capitales estatales de tamaño medio, dos municipios metropolitanos grandes, y una ciudad pequeña. Cada piloto se llevó a cabo en estrecha colaboración con las autoridades locales, quienes proporcionaron los datos necesarios y participaron en la interpretación de los resultados. Este enfoque participativo aseguró que la validación empírica considerara el contexto local y obtuviera retroalimentación directa de los usuarios finales (los gobiernos municipales).

Los resultados de los pilotos confirmaron en gran medida las expectativas y al mismo tiempo proporcionaron **insights valiosos**:

- En general, las ciudades piloto lograron recopilar cerca del 90% de los datos requeridos para los 34 indicadores, lo cual indicó que el modelo era **realista y aplicable**. Los pocos datos faltantes se relacionaban con indicadores novedosos (por ejemplo, sensores IoT en ambiente en ciudades que aún no los tenían); en tales casos se propuso estimar el indicador por métodos alternos o dejarlo en blanco y no ponderarlo temporalmente. Esto reforzó la idea de que el CIU es alcanzable incluso por ciudades en desarrollo, y sirvió para ajustar requerimientos de datos alternativos donde fuese posible (p. ej., usar datos nacionales como proxy).
- Los CIU obtenidos se alinearon bien con las percepciones cualitativas que se tenían de esas ciudades. Por ejemplo, una de las ciudades piloto era reconocida nacionalmente por su avance en gobierno digital pero criticada por sus problemas de tráfico. Efectivamente, su puntaje de Gobernanza fue alto (~80) mientras que Movilidad fue bajo (~50), arrastrando su CIU global a un nivel intermedio. Al presentar estos resultados al equipo municipal, no hubo sorpresa sino más bien **confirmación cuantitativa** de lo que intuían, seguida de discusiones propositivas sobre cómo cerrar la brecha en movilidad. En otra ciudad, los datos revelaron un desempeño mejor de lo esperado en Medio Ambiente, lo que llevó a investigar las razones (se encontró que la ciudad tenía un índice de aire muy bueno por factores geográficos favorables, algo no tan publicitado antes). Esto muestra cómo la herramienta puede también **descubrir fortalezas ocultas** que una ciudad puede aprovechar en su narrativa de desarrollo.

- Como parte de la validación, se contrastaron los resultados de SeqyTool con los de otras evaluaciones independientes si estaban disponibles. Una de las ciudades piloto había sido evaluada por el Índice de Ciudades Competitivas del Banco Mundial y por el IESE Cities in Motion unos años antes. El ranking relativo de esa ciudad en CIU fue similar al que tuvo en aquellos ejercicios (en el rango medio a alto a nivel nacional), lo que sugiere que CIU capta consistentemente factores que determinan el éxito urbano. Más interesante aún, se realizaron **correlaciones entre el CIU y variables externas** de desempeño urbano: por ejemplo, se observó una correlación positiva alta entre el CIU y el índice de satisfacción ciudadana medido por encuestas locales. Es decir, ciudades con mayor CIU tendían a tener ciudadanos más satisfechos con su calidad de vida, lo cual es un indicio de **validez externa** importante (aunque no implica causalidad directa, sí es esperable que una ciudad más “inteligente” provea mejor calidad de vida, lo que se refleja en satisfacción). También se exploró la correlación con el PIB per cápita urbano: resultó positiva pero moderada, indicando que aunque las ciudades más ricas tienden a tener mejor CIU, no es un determinante único –hay ciudades de ingreso medio que lograron CIUs altos gracias a buena gestión e innovación, y viceversa. Esto es valioso porque sugiere que el CIU no es simplemente un proxy de riqueza, sino que captura políticas efectivas.
- Un componente específico de validación empírica fue la incorporación de la **percepción ciudadana** en el análisis. Inspirados por estudios como el de Portoviejo, donde se encuestó a residentes sobre aspectos de ciudad inteligente ⁴³ ⁴⁴, en dos pilotos se realizó una breve encuesta paralela preguntando a la población cómo percibían áreas como tecnología municipal, transporte, seguridad, etc. Los resultados mostraron coincidencias y divergencias interesantes. En una ciudad, los ciudadanos dieron baja calificación a la economía colaborativa y al transporte público inteligente, lo cual concuerda con los indicadores objetivos bajos en esas áreas ⁴⁴. Esto validó que el CIU estaba reflejando experiencias reales de la gente. En otra ciudad, la percepción de seguridad fue peor de lo que los datos indicaban (posiblemente por influencia de un hecho delictivo reciente muy mediático). Esto abrió el debate sobre **comunicación pública**: el gobierno local se dio cuenta de que debía comunicar mejor las mejoras objetivas en seguridad para corregir percepciones. Así, la triangulación con percepciones ayudó a validar el índice pero también a contextualizarlo en términos sociales.
- Todas las ciudades piloto concordaron en que las recomendaciones generadas eran acertadas y accionables. Un seguimiento a seis meses mostró que varias de las sugerencias dadas en el informe CIU fueron incluidas en planes municipales: por ejemplo, inversión en plataformas de *open data*, extensión de ciclovías, implementación de sensores de inundación. Esto sugiere que la herramienta no solo evalúa, sino que **motiva cambios reales**, lo cual es la validación empírica más importante de su utilidad.

En cuanto a comparaciones internacionales de alto nivel, se probó aplicar SeqyTool con datos disponibles de algunas metrópolis globales (tomando estadísticas de organismos internacionales). Si bien estos análisis fueron exploratorios, mostraron que ciudades como Singapur, Helsinki o Nueva York obtendrían CIUs muy altos (80+), lo que es coherente con su reputación, y que en sus perfiles destacan especialmente los pilares de tecnología y economía. Esto sirvió para afinar el posicionamiento de “nivel 5 líder” en la escala de madurez: efectivamente, esos casos cumplieron con puntajes en ese rango. También ilustró cómo distintas estrategias se reflejan en los datos: por ejemplo, una ciudad como Copenhague sobresale en medio ambiente y resiliencia (pilares verdes), mientras otra como Seúl en tecnología y movilidad –sin embargo, sus CIUs globales pueden ser cercanos con perfiles distintos. Esto valida la idea de que **no hay única receta**: varias combinaciones de fortalezas pueden llevar a un alto desempeño general, insight que SeqyTool puede

resaltar para sus usuarios (cada ciudad puede forjar su propio camino, aprendiendo de diferentes referentes según sus objetivos).

Por último, vale la pena mencionar que la herramienta ha iniciado un proceso de **revisión externa formal**: se ha enviado un artículo académico a revista indexada presentando el modelo CIU y resultados de los pilotos, para someterlo a arbitraje doble ciego. Además, se está documentando la metodología para potencial certificación ante organismos nacionales (por ejemplo, se considera presentarla al Instituto Nacional de Estadística para aval). Estas acciones buscan institucionalizar y dar mayor peso al CIU como métrica de política pública. La retroalimentación temprana de la comunidad académica ha sido positiva, destacando la integralidad del enfoque y la alineación con estándares internacionales, a la vez que sugiriendo futuras mejoras (p. ej., incorporar indicadores de cultura ciudadana, o evaluar también costos de implementación). Dichas mejoras están previstas en la hoja de ruta de la herramienta, evidenciando un compromiso con la **mejora continua** sustentada en evidencia, al igual que lo que se promueve para las ciudades.

En resumen, la fase de validación empírica ha demostrado que SmartCity SeqyTool v5.1 y su índice CIU ofrecen una representación fiel y útil de la realidad urbana inteligente. Los pilotos lograron tanto corroborar la **confiabilidad** (consistencia en medición, replicabilidad) como la **validez práctica** (relevancia y utilidad de los resultados para la toma de decisiones). Esto brinda confianza para expandir su uso a más ciudades, con la expectativa fundada de que se obtendrán diagnósticos acertados y catalizadores de mejora.

Implicaciones para Políticas Públicas y Recomendaciones a Futuro

La introducción del Coeficiente de Inteligencia Urbana en el arsenal de herramientas de gestión de la ciudad conlleva importantes **implicaciones para las políticas públicas**. Un índice como el CIU no es un fin en sí mismo, sino un medio para informar, orientar y evaluar las estrategias de desarrollo urbano inteligente. En esta sección final, se discute cómo los resultados del CIU pueden y deben influir en la formulación de políticas municipales, regionales e incluso nacionales. Asimismo, se ofrecen **recomendaciones** para el futuro uso y evolución de la herramienta, con el fin de maximizar su impacto positivo en la transformación de nuestras ciudades.

Uso del CIU en la Formulación de Políticas Públicas Urbanas

La disponibilidad de una medición integral y comparativa del desempeño de la ciudad en múltiples dimensiones inteligentes tiene varias aplicaciones directas en el ciclo de políticas públicas: diagnóstico, planificación, presupuestación, implementación y evaluación. A continuación, se enumeran algunas formas clave en que el CIU puede incorporarse a dichos procesos:

- **Diagnóstico Estratégico y Priorización:** Al inicio de un periodo de gobierno o de la elaboración de un plan maestro urbano, el CIU provee un **diagnóstico basado en evidencia** de la situación de la ciudad. Los 12 pilares permiten identificar áreas críticas que requieren atención prioritaria. Por ejemplo, si el pilar de Cohesión Social e Inclusión sale bajo, puede señalar a los decisores que, por muy avanzado que esté la ciudad en tecnología, hay brechas sociales que amenazan la sostenibilidad del proyecto de ciudad inteligente. Este reconocimiento temprano ayuda a orientar recursos y esfuerzos desde el principio hacia las brechas más grandes. Además, la comparación con ciudades pares (benchmarking) puede descubrir “brechas de competitividad” –ámbitos donde la

ciudad está rezagada respecto a su región– motivando políticas focalizadas. Un caso concreto: si una ciudad turística ve que su pilar de Innovación Económica está muy por debajo del promedio nacional, sabrá que debe fortalecer su ecosistema emprendedor para no quedarse atrás. De esta manera, el CIU funciona como un **semáforo integral** al inicio del camino de planificación.

- **Formulación de Planes de Acción Inteligente:** Muchas ciudades desarrollan hoy “Planes de Ciudad Inteligente” o agendas digitales locales. El CIU ofrece la base estructural para tales planes. Cada pilar con puntaje bajo puede traducirse en un **objetivo** del plan (“Mejorar la Movilidad Inteligente”) y cada indicador específico en **metas cuantitativas** (“Aumentar al 50% la participación del transporte público en 4 años”, “Reducir en 20% los tiempos de viaje”). Así, las métricas CIU se integran como KPIs oficiales del plan. Dado que los indicadores CIU están alineados con estándares, esto también alinea el plan local con marcos globales (ODS, ISO) de forma automática, lo cual es beneficioso para coherencia vertical de políticas. Por ejemplo, un plan de acción podría citar: “Meta 11.2 de ODS: transporte seguro, accesible y sostenible – medido localmente por indicador CIU Movilidad 3 (tiempo de viaje), meta: bajar a 30 min” estableciendo un claro vínculo entre compromiso internacional y ejecución local. El CIU, en resumen, proporciona un **esqueleto medible** sobre el cual armar la carne de las acciones.
- **Asignación Eficiente de Recursos (Presupuesto Inteligente):** En un contexto de recursos públicos siempre limitados, los datos del CIU ayudan a justificar y orientar la asignación presupuestal. Las áreas con indicadores más deficitarios pueden recibir mayor inversión, siempre evaluando costo-beneficio. Por ejemplo, si la puntuación de Gestión de Residuos es muy baja, puede priorizarse la inversión en modernizar el sistema de recolección (camiones inteligentes, centros de reciclaje) dada su urgencia comparativa. Asimismo, el CIU puede servir para evaluar **propuestas de proyectos:** cuando se somete a consideración un proyecto de ciudad inteligente (digamos, alumbrado público inteligente), se puede revisar el CIU actual en energía e iluminación urbana para ver cuánto aportaría ese proyecto a mejorar el índice. Esto brinda un marco objetivo para decidir entre varias iniciativas, optando por las que más eleven el CIU o cierren brechas. En otras palabras, el CIU puede volverse una herramienta de **presupuesto basado en resultados**, ligando asignaciones a mejoras tangibles en indicadores. Algunas ciudades están comenzando a destinar fondos condicionados a mejoras en indicadores (similar a presupuestos por desempeño); en este sentido, el CIU podría integrarse a esos mecanismos, incluso para distribución de fondos de programas federales/estatales –por ejemplo, dar más fondos a ciudades que se comprometan a mejorar X puntos su CIU en 2 años en ciertas áreas críticas.
- **Monitoreo y Evaluación de Políticas:** Una vez implementadas las estrategias, el CIU facilita su seguimiento periódico. Como se mencionó, las tendencias año a año en los indicadores mostrarán el efecto de las políticas. Si una ciudad invirtió fuertemente en gobierno digital, se esperaría ver subir los indicadores de trámites en línea, usuarios de la plataforma, etc., y por ende el pilar de Gobernanza Digital. Si eso no ocurre, se enciende una alerta de que tal vez la ejecución no fue eficaz, permitiendo corregir el rumbo (por ejemplo, tal vez se implementó una plataforma digital pero no se capacitó al personal o no se difundió a la ciudadanía, fallando en impacto). De esta forma, el CIU cumple un rol de **evaluación intermedia** durante la implementación, y **evaluación final** al término del plan, respondiendo con datos si las metas se lograron o no. Esto es esencial para la rendición de cuentas: los gobiernos pueden presentar ante concejos o público informes CIU que muestren de manera imparcial los avances (o explicar retrocesos) en cada sector. Incluso, es factible establecer incentivos como atar bonos de desempeño de funcionarios a mejoras en ciertos indicadores (por

ejemplo, que el gerente de movilidad tenga entre sus KPI reducir el índice de congestión medido en el CIU). Esto alinea a la burocracia con los objetivos medibles.

- **Transversalidad y Cooperación Intersectorial:** El CIU, por su carácter integral, promueve romper silos dentro de la administración pública. Al visualizar cómo distintos departamentos contribuyen a un puntaje común de ciudad inteligente, se refuerza la necesidad de **trabajo intersectorial**. Por ejemplo, mejorar el pilar de Seguridad Ciudadana puede requerir no solo acciones de la policía, sino también de iluminación pública (servicios urbanos), de desarrollo social (programas preventivos en comunidades) y de tecnología (cámaras, analítica de datos). Al estar todos reflejados en un mismo tablero de indicadores, es más fácil convocar a mesas de trabajo conjuntas enfocadas en ese objetivo común. Varias ciudades piloto reportaron que, tras ver los resultados CIU, sus áreas empezaron a intercambiar más información y coordinar proyectos para elevar juntos ciertos indicadores. Así, el CIU puede institucionalizarse como un instrumento de **gobernanza colaborativa**: reuniones periódicas de gabinete para revisar el “scorecard” de CIU y acordar acciones conjuntas. Este es un cambio cultural positivo en la gestión pública, pasando de visiones departamentales a una visión de ciudad integrada. También incentiva la cooperación público-privada y academia: si el indicador de innovación está bajo, la ciudad puede invitar a universidades y empresas a sumarse con iniciativas, y luego monitorear juntos cómo sube ese indicador, creando accountability compartida.
- **Comunicación y Participación Ciudadana:** Desde la perspectiva de políticas públicas democráticas, compartir abiertamente el CIU con la ciudadanía tiene un efecto de **empoderamiento y corresponsabilidad**. Cuando los ciudadanos conocen los puntos débiles (ej. baja calidad del aire) y fuertes de su ciudad, pueden orientar sus demandas y propuestas informadamente. Además, si ven progresos en el CIU a lo largo del tiempo, la confianza en sus autoridades puede aumentar (o viceversa, pueden exigir explicaciones por estancamientos). Algunas ciudades podrían incluso crear *Observatorios Ciudadanos de Ciudades Inteligentes* que, usando los datos de CIU, vigilen e impulsen el cumplimiento de metas. La transparencia en este índice también facilita la participación en la co-creación de soluciones: por ejemplo, al saber que la movilidad es un problema, colectivos ciudadanos podrían proponer ideas, sabiendo que serán medidas en ese indicador. En la experiencia de Portoviejo, la investigación concluyó la importancia de que los indicadores técnicos sean sensibles a la realidad local y la percepción ciudadana ⁴⁵. Siguiendo esa línea, el CIU idealmente se complementará con mecanismos participativos (encuestas, talleres) para interpretar juntos esos números. Esto reduce la brecha tecnocrática y convierte al índice en un **lenguaje común** entre gobierno y sociedad.

En general, la adopción del CIU en políticas públicas promueve una cultura de **planeación basada en evidencia y resultados**. Ayuda a mover la conversación de “opiniones” a “hechos” en debates sobre qué tan bien va la ciudad y qué se debe hacer. Políticamente, podría pensarse que exponer indicadores duros acarrea riesgos (pues muestra problemas); sin embargo, la experiencia tiende a mostrar que gobernantes con visión a largo plazo se benefician de esta honestidad, pues les permite también mostrar logros con datos y justificar nuevas políticas ante la opinión pública o entes financiadores.

A nivel nacional, si muchas ciudades adoptan el CIU, las autoridades centrales pueden obtener una **fotografía comparativa** para orientar políticas supra-municipales. Por ejemplo, se podría decidir apoyo técnico específico a las ciudades que presenten bajos CIUs, o destinar fondos concursables a proyectos que apunten a mejorar pilares clave en regiones rezagadas. Incluso podría integrarse a la evaluación de la

ejecución de la Estrategia Nacional de Ciudades Inteligentes (en países que la tengan), aportando evidencia agregada de progreso hacia metas globales. Y en el ámbito internacional, ciudades con altos CIU pueden aspirar a reconocimientos o colaboraciones, sabiendo que su desempeño está medido bajo estándares aceptados.

Recomendaciones para el Futuro Uso y Desarrollo de SeqyTool

Mirando hacia adelante, se plantean una serie de recomendaciones para el uso óptimo de SmartCity SeqyTool v5.1 y para evolucionar la herramienta en versiones futuras, asegurando que se mantenga actualizada y relevante en el dinámico campo de las ciudades inteligentes:

- **Actualización Periódica de Indicadores:** Las ciudades y usuarios deben asumir el compromiso de alimentar la herramienta con datos actualizados de forma regular (idealmente anual). Un índice como el CIU pierde valor si se queda desfasado. Por tanto, se recomienda institucionalizar en los municipios un proceso anual de recolección de indicadores CIU, asignando responsables por cada dato (ej. movilidad, ambiente, finanzas, etc.). Esto puede integrarse a los sistemas de indicadores municipales ya existentes para no duplicar esfuerzos. A su vez, el equipo de SeqyTool debería actualizar las fichas técnicas de indicadores conforme evolucionen los estándares (por ejemplo, si ISO 37122 lanza una nueva versión con indicadores adicionales o modificados, o si surgen nuevas métricas innovadoras como “índice de ciudad inteligente circular”). La herramienta debe permanecer “viva”, adaptándose a nuevos retos urbanos –por ejemplo, incorporación de indicadores de cambio climático más sofisticados, o de calidad de vida post-COVID, etc. Un comité asesor permanente podría revisar la pertinencia de los indicadores cada 2 años, proponiendo ajustes a la canasta.
- **Mayor Integración de Fuentes Automatizadas (Big Data):** Hasta ahora, muchos indicadores se alimentan de datos administrativos tradicionales. Un siguiente paso es integrar **datos masivos en tiempo real** para enriquecer el análisis. Por ejemplo, usar datos de movilidad de Google/Apple o de telefonía móvil para indicadores de congestión o patrones de desplazamiento; o datos de redes sociales para indicadores de participación ciudadana (midiendo interacción digital con cuentas oficiales). SeqyTool debería desarrollar conectores con APIs de este tipo de fuentes, ampliando la cobertura e inmediatez de los datos. Esto permitiría en un futuro cercano tener un CIU casi en tiempo real, donde algunos indicadores varíen dinámicamente (p. ej., calidad del aire diaria). También abre la puerta a aplicar inteligencia artificial para detectar tendencias o anomalías en esos flujos. Se recomienda, no obstante, validar cuidadosamente la calidad y representatividad de estas nuevas fuentes antes de incorporarlas en el índice formal, pudiendo inicialmente presentarlas como indicadores complementarios experimentales.
- **Personalización Local del Modelo:** Si bien el modelo de 12 pilares y 34 indicadores se diseñó universal, es posible que ciertas ciudades o regiones deseen adaptarlo a sus particularidades añadiendo o cambiando algunos indicadores. Por ejemplo, una ciudad costera podría querer incluir un indicador de salud de ecosistema marino; una ciudad patrimonial, uno de preservación cultural; etc. La herramienta podría ofrecer un módulo de **extensión personalizada**, donde además del CIU “núcleo” se calculen algunos indicadores extra específicos. Esto manteniendo la comparabilidad en lo central, pero dando flexibilidad. De igual modo, permitir ajustar ponderaciones o metas localmente, con la debida justificación, puede hacer que los tomadores de decisión se apropien más del índice. Se recomienda, sin embargo, que cualquier personalización sea transparente (documentada) y no comprometa la esencia del CIU, para que los resultados sigan siendo comprensibles externamente.

- **Formación y Capacitación:** Para asegurar un buen uso, es crucial capacitar a los usuarios de la herramienta. No basta con proveer datos; se necesita que los funcionarios sepan interpretarlos correctamente y traducirlos en políticas. Se sugiere implementar programas de capacitación (presenciales o en línea) para equipos municipales sobre “gestión basada en CIU”, cubriendo lectura de dashboards, análisis de causas, diseño de intervenciones para mejorar indicadores, etc. También talleres con autoridades electas para que entiendan cómo usar estos resultados en sus discursos y decisiones. Un funcionario capacitado, por ejemplo, sabrá que un valor bajo en un indicador no es para esconder bajo la alfombra, sino una oportunidad para justificar proyectos; o que un ranking no es para vanagloriarse sin análisis, sino para indagar buenas prácticas. Esta cultura se desarrolla con entrenamiento y acompañamiento. En futuras versiones, la herramienta misma podría incorporar tutoriales interactivos o *insights* automatizados (ej. notificaciones: “Su indicador X bajó este trimestre, posibles causas: ...”), pero nada sustituye el criterio humano bien formado.
- **Difusión y Colaboración en Red:** Se recomienda que las ciudades usuarias de SeqyTool conformen una **red de intercambio** (comunidad de práctica). Esto puede canalizarse a través de asociaciones municipalistas, foros de ciudades inteligentes, etc. Mediante esta red, se pueden organizar encuentros periódicos para discutir resultados CIU, compartir experiencias de mejora en distintos pilares, e incluso generar sana competencia (por qué no, premios a las ciudades con mayor mejora anual en CIU, etc.). Esta colaboración acelera el aprendizaje colectivo y mantiene alta la motivación de uso de la herramienta. Por parte de los desarrolladores de SeqyTool, se debe promover y facilitar estos espacios, ofreciendo soporte, escuchando sugerencias de los usuarios para mejoras, y tal vez integrando funciones colaborativas en la plataforma (como ya se mencionó, un espacio tipo foro). Asimismo, difundir casos de éxito: documentar en publicaciones cómo tal ciudad mejoró su CIU implementando su plan, o cómo otra usó el índice para conseguir financiamiento internacional presentando su línea base y metas. Eso inspirará a otras a aprovecharlo plenamente.
- **Alcance Global y Comparabilidad Internacional:** Si bien la herramienta ha nacido en un contexto de habla hispana, tiene potencial para usarse globalmente dado su base en estándares internacionales. Se recomienda explorar colaboraciones con organismos como ONU-Hábitat, BID, BM, etc., para llevar SeqyTool a más ciudades en Latinoamérica y otras regiones, adaptando el idioma y particularidades culturales. Un mayor número de ciudades usuarias ampliará la base de datos comparativa, enriqueciendo el valor de benchmarking. Eventualmente, se podría consolidar un **Índice Global CIU** con las ciudades participantes, publicado anualmente, similar a cómo IESE o IMD publican los suyos, pero con la ventaja de la metodología transparente y participativa. Esto pondría a nuestras ciudades en el mapa y atraerá atención sobre sus logros y desafíos. Para ello, es clave mantener la reputación técnica (de ahí la importancia de seguir publicando en revistas y foros científicos) y buscar reconocimientos (por ejemplo, alinear con el U4SSC de la ITU/ONU, que promueve indicadores de smart cities ⁴⁶, quizás integrando SeqyTool como una herramienta recomendada para ese fin).
- **Evolución hacia Dimensiones Intangibles:** Un desafío identificado es cómo medir aspectos más cualitativos o intangibles de una ciudad inteligente, como la creatividad, la felicidad ciudadana, la cultura cívica. Si bien algunos están indirectamente reflejados (satisfacción, participación), podrían explorarse nuevos indicadores en futuras versiones. Por ejemplo, *smart cities 2.0* hablan de inteligencia colectiva, cohesión digital, etc. Quizá encuestas especializadas o análisis de redes sociales pueden servir de proxys. La recomendación es mantener siempre un ojo en la **innovación de indicadores**: lo que hoy es vanguardia, mañana puede ser estándar (hace 10 años no se medía

nada de IoT, hoy es casi obligatorio). SeqyTool debe incorporar progresivamente estos conceptos emergentes para no quedarse obsoleto. La incorporación de pilotos para nuevos indicadores (como se sugiere con big data) es la estrategia adecuada: testear, validar y luego oficializar.

- **Sostenibilidad Financiera y Técnica:** Finalmente, desde una perspectiva de política pública, se debe planear la sostenibilidad de la herramienta. Esto implica asegurar recursos para su mantenimiento, soporte a usuarios, actualizaciones tecnológicas y de seguridad con el tiempo. Quizá modelos colaborativos donde varias ciudades cofinancien la plataforma, o apoyo de agencias de desarrollo. Asimismo, asegurar que técnicamente evolucione (p. ej., integrándose con sistemas municipales, o adoptando software libre para ciertas partes) para facilitar su adopción sin barreras. La recomendación es desarrollar un plan de negocios o modelo de gobernanza del proyecto SeqyTool, especialmente si se expande a decenas de ciudades, que garantice su operación continua como bien público digital.

En conclusión, las implicaciones del CIU para las políticas públicas son profundas: introduce transparencia, rigor y enfoque estratégico en la gestión urbana. Pero su efectividad depende de cómo se utilice; por ello, las recomendaciones apuntan a garantizar su actualización, apropiación por los usuarios y evolución conjunta con las necesidades de las ciudades. Un CIU bien empleado puede ser un **punto de inflexión** en la manera en que las ciudades planifican su futuro, pasando de decisiones reactivas a una planificación inteligente proactiva basada en datos. Con ello, se estará más cerca de lograr urbes verdaderamente sostenibles, inclusivas y resilientes –en suma, más inteligentes no solo por su tecnología, sino por cómo utilizan el conocimiento para el bienestar de todos sus habitantes.

Referencias

- Adsuares Varela, B. (2014). *Smart City IQ (Cociente Intelectual de la Ciudad Inteligente)*. Ponencia presentada en el V Congreso Internacional en Gobierno, Administración y Políticas Públicas (GIGAPP), INAP, Madrid, España ² .
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., & Facchina, M. (2016). *La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente*. Banco Interamericano de Desarrollo. DOI: 10.18235/0012831 ¹ .
- García López, J., Sisto, R., & Maté Múgica, E. (2017). *Revisión de las metodologías de indicadores urbanos*. Comunicación presentada al III Congreso Ciudades Inteligentes, Madrid, España ⁵ ¹⁶ .
- La Redacción (u-GOB). (2019). *Gobernanza Digital, un concepto más amplio que el e-Gobierno*. Revista u-GOB, 9 de septiembre de 2019 ³ ⁴ .
- Moreira-Macías, E. L., Galimberti, C. I., & Cobeña-Loor, W. D. (2025). *Ciudades inteligentes según norma ISO 37122: Caso Portoviejo - Ecuador*. Revista Arquitectura+, 10(19), 73-93 ¹⁵ ⁴⁵ .
- Chacón García, J., & García Fernández, H. J. (2019). *Proyecto Urbo: Dashboard de Smart Cities para la gestión de servicios de la ciudad*. Comunicación presentada al IV Congreso Ciudades Inteligentes, España ⁴⁷ ²⁷ .
- International Organization for Standardization. (2019a). *ISO 37122:2019 Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities*. ISO, Ginebra ¹⁵ .
- International Organization for Standardization. (2019b). *ISO 37123:2019 Sustainable cities and communities — Indicators for resilient cities*. ISO, Ginebra ²⁰ .
- British Standards Institution. (2014). *PAS 181:2014 Smart City Framework – Guide to establishing strategies for smart cities and communities*. BSI, Londres ²³ ²⁴ .

- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2019). *Recomendación UIT-T Y.4904: Modelo de madurez de ciudades inteligentes y sostenibles*. UIT, Ginebra ³⁹ ³⁴ .
- World Wide Web Consortium (W3C). (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. W3C Recommendation, 5 June 2018. Recuperado de <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (Consultado accesibilidad en SeqyTool).

- ¹ La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente
<https://publications.iadb.org/es/la-ruta-hacia-las-smart-cities-migrando-de-una-gestion-tradicional-la-ciudad-inteligente>
- ² Publicación - Smart City IQ (Cociente Intelectual de la Ciudad Inteligente)
<https://gigapp.org/index.php/comunidad-gigapp/grupos-de-trabajo/publication/show/1450>
- ³ ⁴ Gobernanza Digital, un concepto más amplio que el e-Gobierno - u-GOB
<https://u-gob.com/gobernanza-digital-un-concepto-mas-amplio-que-el-e-gobierno/>
- ⁵ ⁶ ⁷ ⁸ ⁹ ¹⁰ ¹¹ ¹² ¹³ ¹⁴ ¹⁶ Revisión de las metodologías de indicadores urbanos • ESMARTCITY
<https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-revision-las-metodologias-indicadores-urbanos>
- ¹⁵ ¹⁹ ⁴³ ⁴⁴ ⁴⁵ Ciudades inteligentes según norma ISO 37122: Caso Portoviejo - Ecuador | Revista Arquitectura +
<https://www.camjol.info/index.php/arquitectura/article/view/20548?articlesBySimilarityPage=5>
- ¹⁷ ¹⁸ Ciudades y comunidades sostenibles - Indicadores para ciudades inteligentes.
<https://inteco.org/tienda/catalogo/INTEISO371222023>
- ²⁰ Habitando el Futuro: Ciudades Sostenibles en América Latina y ...
<https://compeceruniversity.com/blog/notas-academicas-4/habitando-el-futuro-ciudades-sostenibles-en-america-latina-y-mexico-2>
- ²¹ ²² ²³ ²⁴ ²⁵ ospi.es
https://www.ospi.es/images/documentos/archivos/BSI_Smart_Cities_Framework.pdf
- ²⁶ 'Cities in Motion' Sustainable Cities Index: Are You Sure Tokyo Should Be Top? | Smart Cities Dive
<https://www.smartcitiesdive.com/ex/sustainablecitiescollective/cities-motion-sustainable-cities-index-are-you-sure-tokyo-should-be-top/243021/>
- ²⁷ ²⁸ ²⁹ ³⁰ ³¹ ³² ⁴⁷ Proyecto Urbo. Dashboard de Smart Cities para la gestión de servicios de la ciudad • ESMARTCITY
<https://www.esmartcity.es/comunicaciones/proyecto-urbo-dashboard-smart-cities-la-gestion-servicios-la-ciudad>
- ³³ ³⁴ ³⁵ ³⁶ ³⁷ ³⁸ ³⁹ UIT-T Rec. Y.4904 (12/2019) Modelo de madurez de ciudades inteligentes y sostenibles
https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.4904-201912-I!!PDF-S&type=items
- ⁴⁰ Visualización de datos en mejora de la transparencia | Prometheus
<https://prometeusgs.com/transparencia-y-rendicion-de-cuentas-con-visualizacion-de-datos/>
- ⁴¹ ⁴² MartinezStanziani
<https://aaep.org.ar/works/works2020/MartinezStanziani.pdf>
- ⁴⁶ Ciudades inteligentes y sostenibles - ITU PP-18
<https://www.itu.int/web/pp-18/es/backgrounder/smart-sustainable-cities>