

PROPUESTA DE HOJA DE RUTA PARA ‘SMART MOBILITY’ DENTRO DE CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES EN COLOMBIA.

Ing. GUSTAVO ADOLFO GUZMAN CADAVID

(MONOGRAFIA - OPCIÓN DE GRADO POR ARTÍCULO CIENTIFICO)

Directora:

Tatiana Zona-Ortiz, PhD

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES Y REGULACIÓN TIC
BOGOTÁ D.C., 2023

El presente trabajo va dedicado a
mi esposa, a mis padres,
a mis familiares, amigos y compañero de trabajo y estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi esposa por su incondicional soporte, a mis padres por su ejemplo de perseverancia, a toda mi familia por su apoyo, a mi directora de proyecto la Ingeniera Angela Tatiana por su guía, acompañamiento y dedicación semana a semana, a mis amigos y compañeros por el trabajo en equipo desarrollado para superar obstáculos, a mis profesores de maestría por toda su entrega de conocimiento, a la Universidad Santo Tomás y sus directivas por acogernos durante estos años de estudio.

TABLA CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO.....	6
1.1 OBJETIVOS:	6
1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	6
2 CONTEXTO COLOMBIANO DE MOVILIDAD INTELIGENTE DENTRO DE LAS CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES.....	7
2.1 TERRITORIOS Y CIUDADES INTELIGENTES EN COLOMBIA.....	8
2.1.1 DEFINICIONES DE EJES HABILITADORES, DIMENSIONES Y VERTICALES DE CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES PARA EL MinTIC COLOMBIA APLICADOS A LA MOVILIDAD INTELIGENTE.....	9
2.1.2 MODELO DE EVALUACIÓN PARA LAS CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES EN COLOMBIA.....	11
3 INDICADORES DE DESEMPEÑO EN LA VERTICAL SMART MOBILITY.....	14
3.1 INDICADORES PROPUESTOS POR MINTIC COLOMBIA.....	14
3.2 INDICADORES PROPUESTOS POR LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO).....	15
3.3 INDICADORES PROPUESTOS POR LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT).....	17
4 CONJUNTO DE KPIS PARA APLICAR EN MOVILIDAD INTELIGENTE DENTRO DEL CONTEXTO DE CIUDADES INTELIGENTES.....	19
5 PROPUESTA DE HOJA DE RUTA PARA EL DESPLIEGUE DE SMART MOBILITY EN COLOMBIA.....	21
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
LISTA DE FIGURAS	33

LISTA DE TABLAS..... 34

INTRODUCCIÓN

En el año 2015 la organización de las Naciones Unidas (ONU) establece llevar a cabo un plan con 17 objetivos para darle fin a la pobreza, resguardar el planeta, y mejorar la vida y perspectiva de las personas. Dentro de los cuales se incluye el objetivo No. 11 acerca de ciudades y comunidades sostenibles, este objetivo responde al crecimiento de la población en las urbes, lo que ha sobrecargado los servicios básicos para desarrollar la vida. La ONU plantea que para el año 2030 el 60% de las personas estarán habitando las ciudades, aportando el 70% de emisiones de CO2 y consumiendo el 60% de los recursos [1].

En concordancia con lo que se observa a nivel mundial y con lo que propone la ONU, Colombia desde su política exterior se compromete al cumplimiento estos objetivos de desarrollo sostenible (ODS), e implementa dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (PND) pactos transversales. Dentro de estos pactos están: la sostenibilidad; el transporte y logística; la transformación digital; y la ciencia, la tecnología y la innovación. Todos estos están alineados con el objetivo No. 11 de ciudades y comunidades sostenibles dictado por la ONU [2]. Basándose en esto, el ministerio de tecnologías de la Información y Comunicación de Colombia (MINTIC) genera la iniciativa de ciudades y territorios inteligentes en Colombia, la cual propone una división en diferentes dimensiones.

De acuerdo con [3] para desarrollar y diseñar una ciudad inteligente se necesitan expertos de diferentes campos incluidos ciencias económicas, sociología, ingeniería, TIC y ciencias políticas. Varios marcos de referencia se han propuesto para estructurar las Smart Cities, uno de los más usados es el modelo propuesto por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST de sus siglas en inglés, U.S. National Institute of Standards and Technology) de Estados Unidos, donde se dice que la ciudad inteligente es un sistema complejo llamado “Sistemas de Sistemas”, organizado en 6 componentes: gobierno, economía, movilidad, medio ambiente, vivienda y gente.

De igual forma en [3] los autores caracterizan las ciudades inteligentes de acuerdo con el uso sistemático de la tecnología digital por sus habitantes, para mejorar de la calidad de vida de los

ciudadanos y el incremento la sostenibilidad. En esencia, estas ciudades están relacionadas con el uso inteligente de soluciones para la infraestructura, energía, vivienda, movilidad, servicios y seguridad.

Para poder desplegar este tipo de ciudades se cuenta con varias tecnologías habilitantes como Blockchain, Cloud, Digital Shadow e IoT. Estas tecnologías habilitantes deben ser accesibles, estructuradas, escalables e imparciales, y se pueden desarrollar dentro seis diferentes áreas: Ambientes inteligentes (Smart Environment), Vivienda Inteligente (Smart Living), Economía Inteligente (Smart Economy), Movilidad Inteligente (Smart Mobility), Gobernanza (Smart Government), y Gente Inteligente (Smart People) [8], lo cual es coherente con los componentes definidos por la NIST.

Teniendo en cuenta todos los puntos anteriores en el presente trabajo se profundizará y dará contexto la movilidad inteligente, un componente importante no solo para el desarrollo de una ciudad inteligente sino también para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de una ciudad, abarcando una perspectiva internacional y una nacional basados en la propuesta del MINTIC.

Además, se propone una hoja de ruta como alternativa de despliegue dentro de la vertical de movilidad inteligente que permitirá tener la evolución de una ciudad de acuerdo con sus características físicas, tecnológicas y económicas. La metodología es aplicable a cualquier tipo de ciudad, sin embargo, el planteamiento se hace en condiciones específicas.

1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO.

Cabe resaltar que el presente documento hace parte de la modalidad de trabajo de grado por publicación de artículo científico, el cual fue sometido y sustentado el día 23 de junio del año 2023, durante la conferencia: Sustainable Smart Cities and Territories International Conference 'SSTIC' en la ciudad de Manizales, Caldas, el artículo perteneciente a esta ponencia será publicado por Springer en el libro Lecture Notes in Network and Systems.

Este documento hace parte del proyecto interno de la facultad de Ingeniería de Telecomunicación del hub de ciudades y territorios inteligentes, en el que se está trabajando en un framework de referencia, un modelo de medición madurez y un modelo de despliegue. Y basado en algunos de los estudios realizados en la materia lo que se pretende es tener una serie de subproyectos del cual este hace, para en realidad hacer efectivo el framework planteado de forma operativa.

1.1 OBJETIVOS:

El objetivo general es: Establecer una hoja de ruta en movilidad inteligente que permita operativizar el despliegue de soluciones tecnológicas de cara a la obtención de los datos para la construcción de KPIs que permitan la toma de decisiones dentro del contexto de ciudades inteligentes y sostenibles.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer los lineamientos dentro del marco regulatorio colombiano que permitan instaurar las bases de la implementación de KPIs en movilidad inteligente en el marco de territorios y ciudades inteligentes.
- Identificar los KPIs utilizados a nivel mundial en movilidad inteligente para ciudades inteligentes y sostenibles, basados en estándares y recomendaciones internacionales.
- Estructurar un conjunto de KPIs para el desarrollo de la vertical de movilidad Inteligente en Colombia, teniendo en cuenta los desafíos económicos y regulatorios inherentes al país.

2 CONTEXTO COLOMBIANO DE MOVILIDAD INTELIGENTE DENTRO DE LAS CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES.

Teniendo en cuenta el fenómeno de la urbanización del mundo se tiene la movilidad como eje transversal en el desarrollo urbano de una ciudad, lo cual no sólo se ve desde el punto de vista de transporte de personas o mercancías, sino que se ve desde la perspectiva de las condiciones sociales, políticas, económicas y culturales de quienes se movilizan, es decir los ciudadanos, enmarcado en el desarrollo urbano de una ciudad [4]. Para el mejoramiento de las condiciones de vida en las ciudades se han invertido muchos esfuerzos que han sido impulsados por desarrollos en el campo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y en Internet de las Cosas (IoT), los cuales son aspectos cruciales para las ciudades del futuro, dichas ciudades se denominan ciudades inteligentes (en inglés Smart Cities) [5].

La implementación de una ciudad inteligente debe mejorar la calidad de vida de las personas, optimizando los servicios de la ciudad o mejorando la eficiencia de los sistemas urbanos, por ejemplo, la reducción de los tiempos de viaje. Sin embargo, una ciudad inteligente no es inteligente solo por tener muchos servicios y/o desarrollos TIC, sino también la planeación de la ciudad y la toma de decisiones para invertir en los ciudadanos o financiar las solicitudes de las partes interesadas, por ejemplo, en infraestructura de transporte (en las tradicionales y las modernas), gobernanza o capital social [6].

Tanto en el escenario tradicional como el escenario tecnológico del desarrollo de las ciudades se converge y se identifica que la movilidad es un elemento clave. Para el caso de estudio, la movilidad inteligente o Smart Mobility es uno de los campos de investigación más interesantes para el avance urbanístico y de transporte, según [7] la movilidad inteligente se puede dividir en seis áreas principales: Conducción Segura, Sistemas de iluminación inteligente, Movilidad urbana compartida, Movilidad o transporte eléctrico, Movilidad verde, y Sistemas inteligentes de pago.

Por todo esto, y en línea con el PND 2018-2022 el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MINTIC) genera una iniciativa que orienta el despliegue de las ciudades y territorios inteligentes. Para esto ha generado herramientas de autodiagnóstico para identificar el nivel de madurez en que se encuentran los municipios del país, con el fin de

reconocer las oportunidades de mejora y mejorar las condiciones. Esta herramienta contempla diferentes dimensiones con subdimensiones, la movilidad inteligente se encuentra dentro de la dimensión de hábitat [8].

2.1 TERRITORIOS Y CIUDADES INTELIGENTES EN COLOMBIA.

Esta iniciativa del MinTIC genera un modelo de medición con una subdivisión de cinco ejes habilitadores, envolviendo seis dimensiones y estas a su vez 29 subdimensiones, que para este caso se nombran como verticales, en el centro del modelo están las personas quienes son los agentes de las 04 hélices de la sociedad (Ver Figura 1) [8].

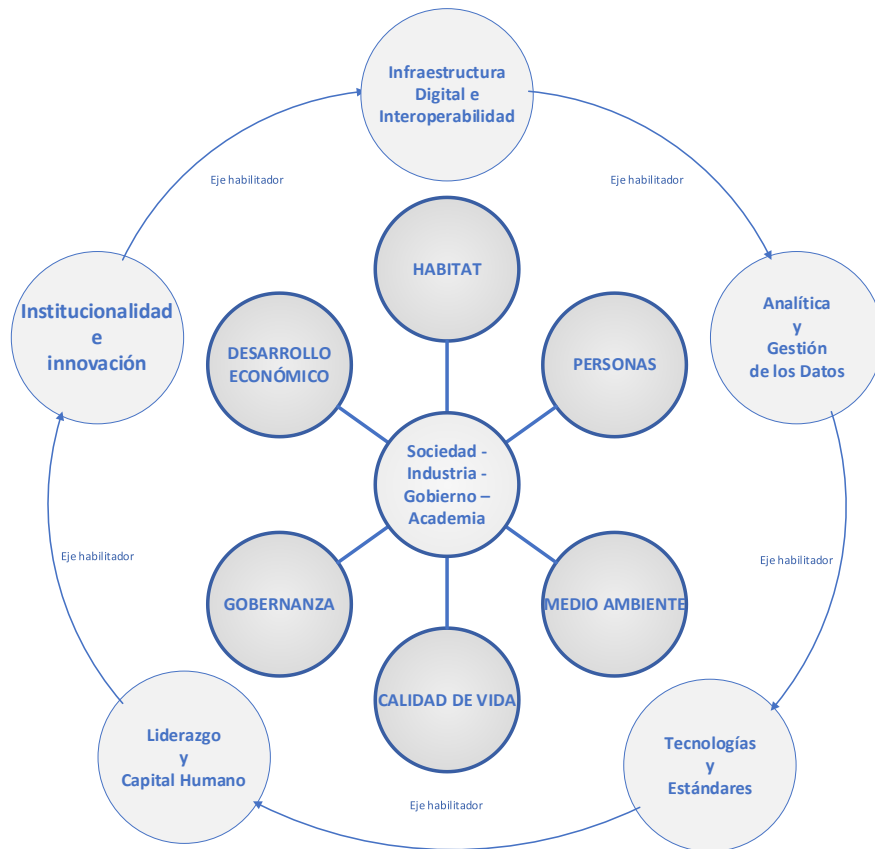


Figura 1. Modelo de Ciudades y Territorios Inteligentes MinTIC Colombia. [8]

Fuente: MINTIC.

Los cinco ejes habilitadores (también llamados aspectos transversales) permiten en desarrollo de las seis dimensiones, es decir, son las capacidades que se deben desarrollar para poder desplegar soluciones en el marco de ciudades inteligentes. Estos ejes son: institucional e

innovación, infraestructura digital e interoperabilidad, analítica y gestión de los datos, liderazgo y capital humano, tecnología y estándares.

Las dimensiones del modelo (también llamadas áreas funcionales) agrupan subdimensiones para facilitar el despliegue, priorización y medición de soluciones. Estas dimensiones son: calidad de vida, hábitat, desarrollo económico, gobernanza, medio ambiente y personas [9].

Dentro de la dimensión de hábitat se contempla cada una de las características físicas y estructurales que facilitan un entorno adecuado para que los ciudadanos puedan vivir satisfactoriamente. Esta dimensión se divide en las siguientes subdimensiones (o verticales): movilidad inteligente, infraestructura inteligente, servicios públicos y la gestión del espacio público [10].

2.1.1 DEFINICIONES DE EJES HABILITADORES, DIMENSIONES Y VERTICALES DE CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES PARA EL MinTIC COLOMBIA APLICADOS A LA MOVILIDAD INTELIGENTE.

Teniendo en cuenta el modelo propuesto por el MinTIC, se definen los 05 ejes habilitadores, los cuales son transversales a todo el modelo y comunes para las 06 dimensiones. [10]

- *Institucionalidad e innovación:* este eje comprende toda la base normativa, de ordenamiento, y de condiciones financieras. Base que permite formular e implementar iniciativas que sean operativa y económicamente viables.
- *Infraestructura digital e interoperabilidad:* este eje permite reunir todos los elementos que ayudan al desarrollo, despliegue y gestión de la infraestructura tecnológica de redes y comunicaciones.
- *Liderazgo y capital humano:* este eje tiene los elementos que impulsan el conocimiento y habilidades que permiten el uso seguro y eficiente de las tecnologías de la información y las comunicaciones.
- *Tecnologías y Estándares:* este eje contiene los aspectos que ayudan a incorporar, implementar y gestionar las nuevas tecnologías y los estándares. Esto con el objetivo de dar respuesta a las necesidades, desafíos y retos de la ciudad o del territorio.
- *Analítica y gestión de datos:* en este eje están todos los temas relacionados con la disponibilidad y acceso a la información pública. De tal forma que pueda ser utilizada, analizada y aprovechada por las 04 hélices de la sociedad (los ciudadanos, la academia,

sector privado y las entidades públicas), con el fin de soportar las dinámicas de la ciudad o territorio, optimizar procesos de decisión, y generar riqueza.

Las dimensiones del modelo agrupan áreas funcionales de una ciudad o territorio, representan los ámbitos de medición en los que se puede avanzar diseñando y desplegando iniciativas de ciudades y territorios inteligentes. Los resultados y los niveles de percepción son medidos e identificados a través de las subdimensiones mostradas en la Figura 2 [8].



Figura 2. Dimensiones del Modelo de Ciudades y Territorios Inteligentes MinTIC [8].

Fuente: MinTIC.

La dimensión 'Hábitat' del modelo de MinTIC resta directamente relacionado con el objeto del presente proyecto, debido a que contiene las verticales de 'Movilidad Inteligente', y de 'Infraestructura inteligente'. En la Figura 3 se muestra la estructuración y definición de la dimensión 'Hábitat' y sus verticales.

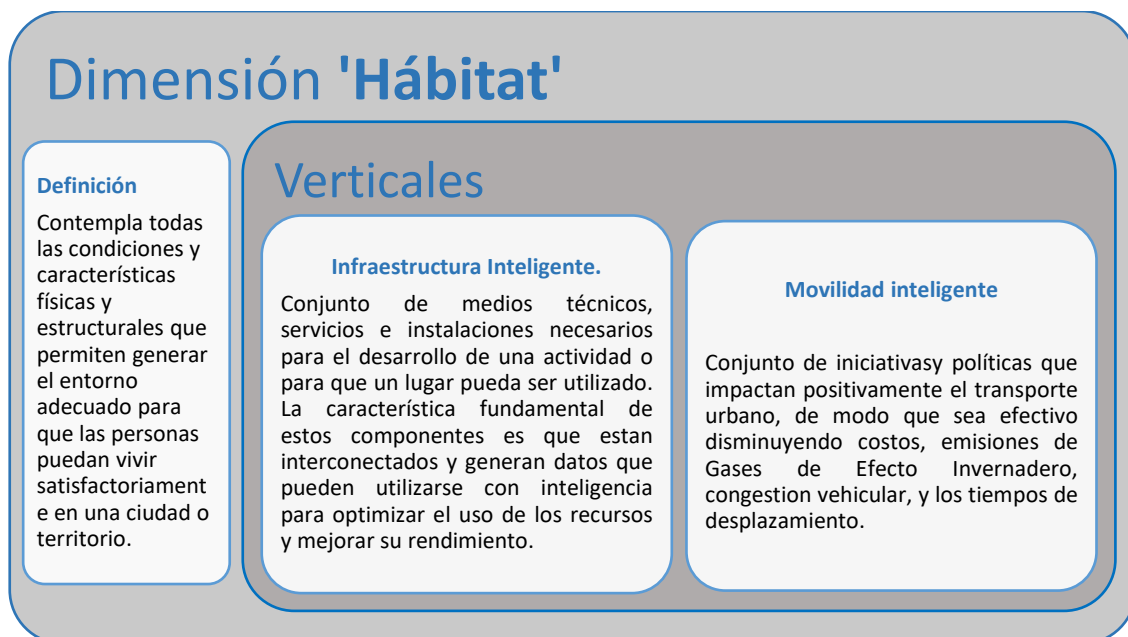


Figura 3. Definición de la Dimensión 'Habitad' y Subdimensiones de interés [8].

Fuente: MinTIC

2.1.2 MODELO DE EVALUACIÓN PARA LAS CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES EN COLOMBIA.

El modelo de evaluación publicado por el MinTIC propone una estructura para medir la madurez de las ciudades y territorios inteligentes en el Colombia. Este modelo está sustentado en tres componentes fundamentales: capacidades, percepción y resultados (Figura 4 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

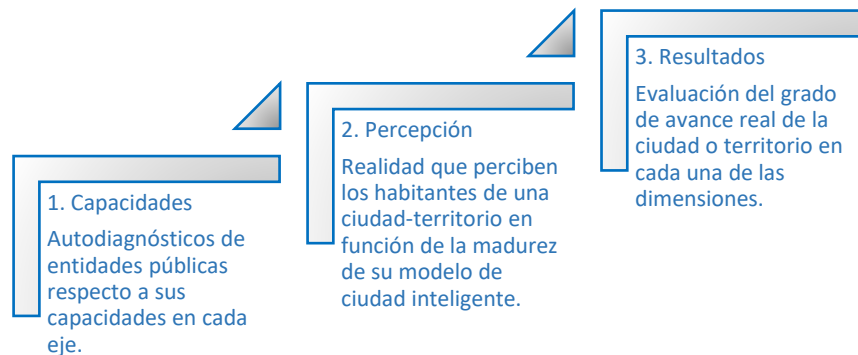


Figura 4. Estructura del modelo de evaluación de Territorios y Ciudades Inteligentes, Colombia [8].

Fuente: MinTIC.

Para la medición con base en el componente de *capacidades* se tiene como premisa que los ejes habilitadores son transversales a todas las dimensiones, y estos a su vez deben desarrollarse como marco para implementar iniciativas eficientes y sostenibles. Para este modelo el MinTIC desarrolló una herramienta de autodiagnóstico para entidades públicas, en dónde cada eje habilitador tiene asociada una serie de capacidades para determinar un nivel de madurez enumerado del 01 al 05, estos niveles y su definición se muestran en la Tabla 1 [8].

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
No hay evidencia de adelantos en la capacidad.	Se ha identificado la necesidad de desarrollar la capacidad.	Se tiene desarrollada la capacidad en un nivel básico, es decir, se han adelantado los primeros pasos.	Se tiene desarrollada la capacidad en un nivel intermedio, es decir, está desarrollada pero todavía tiene brechas por cerrar.	Las capacidades están desarrolladas y se encuentran en constante actualización, es decir, ya le han hecho ajustes y mejoras a las capacidades.

Tabla 1. Niveles de medición de capacidades en las entidades públicas [10].

Fuente: MinTIC.

Para la medición con base en el componente de *percepción* el MinTIC tiene en cuenta lo que piensan los habitantes de la ciudad o territorio, la herramienta es un cuestionario focalizado en los actores establecidos en el centro del modelo, estos actores se clasifican en cada hélice (Tabla 2).

HÉLICE	TIPO DE ACTOR
ACADEMIA	Instituciones de educación presentes en la ciudad y/o territorio
	Organizaciones de investigación (Centros de investigación, Centros de Excelencia, Centros Tecnológicos)
	Asociaciones del gremio educativo
SECTOR PÚBLICO	Agencias del gobierno regional
	Gobiernos locales
	Gobierno Nacional
	Empresas prestadoras servicios públicos territoriales
	Entes de control local
SECTOR PRIVADO	Pymes regionales
	Grandes firmas regionales
	Asociaciones empresariales/ Cámaras de comercio
	Incubadoras, Aceleradoras
	Firmas extranjeras
	Clústeres
	Parques tecnológicos
SOCIEDAD CIVÍL	Organizaciones de la sociedad civil (ONG, etc.)
	Uniones Sindicales
	Representantes de minorías
	Representantes culturales

Tabla 2. Identificación de los actores clave para la medición de percepción [8].

Fuente: MinTIC.

Y para determinar el nivel de madurez de este componente, también existe una escala de 01 a 05 (Tabla 3), donde el actor de forma subjetiva opina sobre el empeoramiento o avance de su ciudad hacia una ciudad inteligente y sostenible, esto en cada vertical del modelo.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
El ciudadano percibe que los indicadores de las dimensiones de la ciudad empeoran.	La ciudadanía no percibe ningún avance en los indicadores de las dimensiones de la ciudad.	La ciudadanía percibe una leve mejora de los indicadores.	La ciudadanía percibe avances, pero no le impactan directamente a su calidad de vida.	La ciudadanía percibe una mejora en los indicadores de las dimensiones de la ciudad.

Tabla 3. Niveles de medición de percepción de parte de los ciudadanos [10].

Fuente: MinTIC.

Para el caso de la medición del componente de resultados la propuesta del MinTIC es tener unos niveles cómo se indica en la Tabla 4, donde de 1 a 5 se computa de manera más objetiva la realidad de las ciudades en todas las dimensiones. Para este caso en particular sería evaluada la dimensión Hábitat, en sus verticales de Movilidad Inteligente e Infraestructura Inteligente.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Los indicadores muestran un deterioro respecto a la línea base generada.	No existe avance en los indicadores de resultado. Los indicadores permanecen iguales a los de la línea base.	El avance en los indicadores de resultados es incipiente. No logran solucionar de forma contundente las problemáticas.	El avance de los indicadores de resultados es sustancial.	El avance de los indicadores de resultados está por encima del promedio de los indicadores de otras ciudades.

Tabla 4. Niveles de medición de resultados por el MinTIC [10].

Fuente: MinTIC.

La presente propuesta se alinea con la medición de resultados basados en datos que se recogen a partir de realidades objetivas, ya que pueden ayudar a la toma de decisiones. Esto sin desconocer la importancia de la medición en capacidades institucionales y la medición en percepción de la comunidad.

3 INDICADORES DE DESEMPEÑO EN LA VERTICAL SMART MOBILITY.

Los Indicadores de desempeño (KPIs por sus siglas en inglés Key Performance Indicators) son herramientas para gestionar cualquier tipo de proyecto, estos son usados para medir los comportamientos, la evolución y los resultados alrededor de diferentes áreas de los proyectos [11]. Por esta razón los KPIs juegan un papel fundamental en el proceso de construcción y desarrollo de una ciudad inteligente [12]. Debido a esto y al igual que el MinTIC, organismos internacionales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Organización Internacional de Estandarización (ISO) proponen documentos de referencia para estos KPIs.

En general, en dichos documentos se presenta arquitecturas por capas de una ciudad inteligente, en la que se destacan verticales o dimensiones para su desarrollo. Dentro de la movilidad inteligente se puede destacar dos áreas de acción inteligente: el transporte y la infraestructura [12] [13].

3.1 INDICADORES PROPUESTOS POR MINTIC COLOMBIA.

La Tabla 5 muestra los doce indicadores contenidos dentro de las verticales de Movilidad inteligente e Infraestructura Inteligente, que hacen parte de la dimensión de hábitat del modelo propuesto por el MinTIC [10].

DIMENSIÓN	SUB-DIMENSION	KPI	KPI SC COL ID**
Hábitat	Movilidad inteligente	Transporte público, limpio y eficiente	SC-COL-1
		Uso de transporte público por viajes	SC-COL-2
		Uso de transporte público por ocupación	SC-COL-3
		Información dinámica de transporte público	SC-COL-4
		Estaciones de carga vehículo eléctrico	SC-COL-5
		Índices de tráfico por tiempo gastado	SC-COL-6
		Índices de tráfico por velocidad media	SC-COL-7
		Tasa de accidentalidad	SC-COL-8
		Fatalidades de tráfico	SC-COL-9
	Infraestructura Inteligente	Ciclo rutas	SC-COL-10
		Conectividad aérea	SC-COL-11
		Transporte interurbano	SC-COL-12

Tabla 5. Indicadores de resultados propuestos por MinTIC para la medición de madurez de ciudades y/o territorios inteligentes en Colombia. **Autores.

Fuente: MinTIC.

A pesar que dicho modelo incluye la participación de los actores mediante la evaluación de percepción y capacidades para establecer el nivel de madurez de una ciudad o territorio inteligente, de acuerdo con lo observado a nivel mundial, la presente propuesta se centra en la medición de KPIs. La propuesta no incluye un modelo de madurez y solo se presenta una hoja de ruta operativa que permita la implementación de KPIs. Mientras que la propuesta del MinTIC realiza un estudio de los KPIs de cada una de las dimensiones para realizar la medición de los resultados para medir su nivel de madurez.

Desde el punto de vista de este estudio, el nivel de madurez de una ciudad debería medirse en relación con su despliegue, y como este le permite medir diferentes KPIs y relacionarlos para facilitar la toma de decisiones y planificación bajo criterios de sostenibilidad y mejoramiento de calidad de vida. Por esta razón, si bien se presentan desde el modelo de MinTIC, no se plantea una relación directa entre los valores medidos en los KPIs y el nivel de madurez de una ciudad.

3.2 INDICADORES PROPUESTOS POR LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO)

La Organización Internacional de Normalización genera varios documentos para enmarcar las ciudades y comunidades sostenibles en la familia de estándares ISO 37100. Se desatacan para la identificación de KPIs, la ISO 37120 donde se tienen los indicadores de servicio y calidad de vida para una ciudad y la ISO 37122 donde se describen y detallan los indicadores para las ciudades inteligentes. La Figura 5 se muestra la relación entre estos documentos.

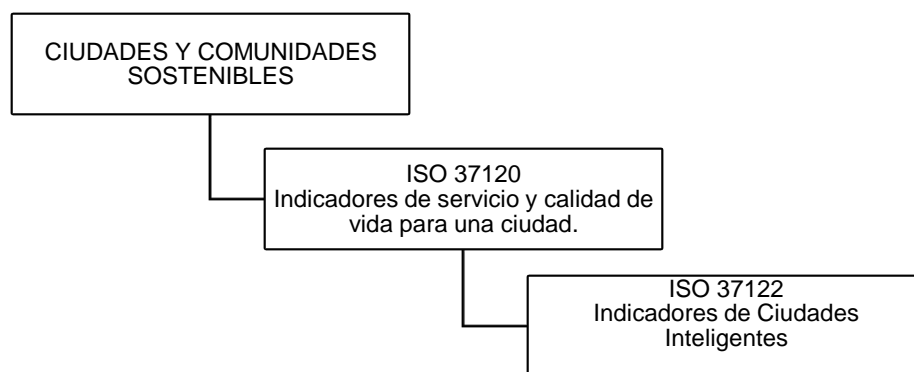


Figura 5. Relación entre los estándares ISO estudiados

Fuente: ISO 3122

Basados en los KPIs presentados en el estándar ISO 37122 quince KPIs fueron extraídos, considerando su alto relacionamiento con la movilidad inteligente. Esta selección representa el 18.75% de los KPIs presentados en dicho estándar. La Tabla 6 muestra catorce KPIs en la vertical de transporte más uno perteneciente a la vertical de energía, resaltar que esta última vertical tiene diez KPIs.

Los quince KPIs priorizados abarcan todos los aspectos claves relacionados con la movilidad, tal como se presenta en el estándar ISO 37122. Los otros KPIs descritos en dicho estándar no están directamente relacionados con la mejora de la calidad de vida a través de la movilidad inteligente. Además, para facilitar la comparación de KPIs en la última columna de la Tabla 6 se proporcionó una identificación única para cada KPI extraído.

AREA	KPI	KPI SC ISO ID**
Transporte	Porcentaje de calles y vías de la ciudad cubiertas por alertas e información de tráfico en línea en tiempo real	SC-ISO-1
	Número de usuarios de transporte de economía colaborativa	SC-ISO-2
	Porcentaje de vehículos matriculados en la ciudad que son vehículos de bajas emisiones	SC-ISO-3
	Número de bicicletas disponibles a través de los servicios municipales de bicicletas compartidas	SC-ISO-4
	Porcentaje de líneas de transporte público equipadas con un sistema en tiempo real accesible al público	SC-ISO-5
	Porcentaje de los servicios de transporte público de la ciudad cubiertos por un Sistema de pago único	SC-ISO-6
	Porcentaje de plazas de aparcamiento público equipadas con sistemas de pago electrónico	SC-ISO-7
	Porcentaje de plazas de aparcamiento público equipadas con sistemas de disponibilidad en tiempo real	SC-ISO-8
	Porcentaje de semáforos que son inteligentes/inteligentes	SC-ISO-9
	Área de la ciudad mapeada por mapas de calles interactivos en tiempo real como porcentaje del área total de la ciudad	SC-ISO-10
	Porcentaje de vehículos matriculados en la ciudad que son vehículos autónomos	SC-ISO-11
	Porcentaje de rutas de transporte público con conectividad a Internet proporcionada y/o gestionada por el municipio para los viajeros	SC-ISO-12
	Porcentaje de carreteras que se ajustan a los sistemas de conducción autónoma	SC-ISO-13
	Porcentaje de la flota de autobuses de la ciudad que son motorizados	SC-ISO-14
Energía	Número de puntos de recarga de vehículos eléctricos por vehículo eléctrico matriculado	SC-ISO-15

Tabla 6. KPI ISO aplicables a la movilidad inteligente. **Autores.

Fuente: ISO 37122.

En estos quince KPIs, el transporte limpio representa el 33,3%, el 26,6% corresponde a la gestión del tráfico, y otro 26,6% corresponde a aplicaciones con un alto componente TIC. El 13,3% restante se destina a medios de pago de tráfico/movilidad. Esta distribución muestra que ISO tiene una visión holística de lo que significa una ciudad inteligente, lo que se ratifica ya que los KPIs introducen datos relacionados con equipamientos que una ciudad debería tener.

3.3 INDICADORES PROPUESTOS POR LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) presenta un conjunto de KPIs que ayuda a medir el progreso hacia los objetivos de desarrollo sostenible (ODSs), convirtiendo a las ciudades en ciudades más inteligentes y sostenibles [12]. Este conjunto de 89 KPIs es organizado dentro de 3 dimensiones: Sociedad y Cultura, Economía, y Medio Ambiente. Estas dimensiones usan subdimensiones y categorías para organizar los KPIs por temáticas, y también tienen dos tipos de indicadores: esenciales y avanzados [14]. Los KPIs buscan recolectar datos de forma objetiva y estandarizada, para poder medir el comportamiento de las ciudades y comparar el progreso con otras ciudades con el fin de crear mejores prácticas.

El conjunto de KPIs conforma las bases para la iniciativa Unidos por las Ciudades Inteligentes y Sostenibles (United for Smart Sustainable City Index - U4SSC), la cual recopila valores y datos relacionados con la medición de los KPIs para desplegar y clasificar una ciudad. Cada indicador tiene una descripción que incluye: la justificación para la escogencia del indicador, cómo debe interpretarse, qué tendencias de evaluación comparativa son las deseables, la metodología para calcular el valor a mostrar, y las posibles fuentes de datos. El conjunto de KPIs es una herramienta para proveer a las ciudades un medio para la autoevaluación en el cumplimiento de los ODSs [12].

Este conjunto de KPIs tiene 91 KPIs, de los cuales 12 fueron seleccionados en relación con el tema de movilidad inteligente, representando el 13.18% del conjunto. Esta selección considera todos los KPI de la categoría de Transporte y uno de la categoría Seguridad (Tabla 7).

DIMENSIÓN	SUBDIMENSION	CATEGORÍA	KPI	TIPO	KPI SC UIT ID**
Economía	TIC	Transporte	Información dinámica de transporte público	Esencial	SC-UIT- 1
			Monitoreo de tráfico	Esencial	SC-UIT- 2
			Control de intersecciones	Avanzado	SC-UIT- 3
	Infraestructura	Transporte	Red de transporte público	Esencial	SC-UIT- 4
			Conveniencia de la red de transporte público	Avanzado	SC-UIT- 5
			Red de bicicletas	Esencial	SC-UIT- 6
			Transporte Compartido	Avanzado	SC-UIT- 7
			Índice de tiempo de viaje	Avanzado	SC-UIT- 8
			Bicicletas Compartidas	Avanzado	SC-UIT- 9
			Vehículos compartidos	Avanzado	SC-UIT- 10
			Vehículos de pasajeros con bajas emisiones de carbono	Avanzado	SC-UIT- 11
			Fatalidades por tráfico	Esencial	SC-UIT- 12
Sociedad y Cultura	Seguridad, vivienda e inclusión social	Seguridad			

Tabla 7. KPIs de Movilidad inteligente de acuerdo con la UIT. **Autores.

Fuente: UIT.

En esta selección de KPIs la gestión del tráfico y la seguridad vial representan el 41,7%, el transporte limpio es el 33,3% y las TIC avanzadas el 25%. Como puede verse, los KPIs de la UIT se diseñaron principalmente para que las ciudades actuales recopilen datos actuales, sin embargo, vale la pena resaltar que consideran un alto grado de despliegue TIC proponiendo un progreso y permitiendo que las ciudades más avanzadas enfrenten retos.

4 CONJUNTO DE KPIS PARA APLICAR EN MOVILIDAD INTELIGENTE DENTRO DEL CONTEXTO DE CIUDADES INTELIGENTES.

La Tabla 8 muestra una comparativa de todos los KPIS seleccionados para la movilidad inteligente de las propuestas del MINTIC, la ISO y la UIT, de manera que se puedan relacionar los KPIS de la Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7. Es importante resaltar que no en todas las propuestas se mostraba cómo medir cada KPI, sin embargo, la relación se establece a través de su nombre y/o su descripción. La columna titulada medición del KPI de la Tabla 8 se define de acuerdo con la propuesta de medición y la interpretación del KPI, teniendo en cuenta lo propuesto por las organizaciones estudiadas. Adicionalmente, el planteamiento responde a un entorno con un nivel moderado de avance tecnológico.

Como resultado de esta comparación, se consolida un conjunto de veinticinco KPIS. Sólo el KPI No. 4 coexiste en las tres organizaciones estudiadas y está relacionado con los servicios de información de Sistemas Inteligentes de Transporte. De los 24 KPIS restantes se observa:

- Catorce KPIS no tienen una coincidencia entre las organizaciones estudiadas, lo que significa que se tiene un 56% de KPIS individuales, distribuidos de la siguiente manera:
 - Cinco KPIS pertenecen únicamente a la iniciativa del MinTIC.
 - Ocho pertenecen solamente al estándar ISO.
 - Uno pertenece a la recomendación de la UIT.
- Diez KPIS coinciden solamente para dos de las tres organizaciones estudiadas:
 - Cuatro están dentro la UIT y la ISO.
 - Dos están dentro del MinTIC y la ISO.
 - Cuatro están dentro del MinTIC y la UIT.

En relación con la iniciativa del MinTIC, sus KPIS están correlacionados con otras organizaciones en un 58% y el 42% son únicos para dicha iniciativa. En cuanto al conjunto de KPIS propuestos los KPIS de la iniciativa del MinTIC representan el 48% y, por lo tanto, el 52% de los KPIS del conjunto propuesto no están considerados en la iniciativa del MinTIC, además, la coincidencia de los KPIS en las tres organizaciones estudiadas es baja.

Esta situación permite una gran flexibilidad al establecer una hoja de ruta debido a la diversidad de KPIs a elegir, sin embargo, el incremento en el tamaño del conjunto de KPIs por vertical resulta un reto para la implementación y despliegue de una hoja de ruta.

No	KPI SC COL ID	KPI SC ISO ID	KPI SC UIT ID	Medición del KPI	Periodo de aplicabilidad
1	SC-COL-1	SC-ISO-14		$\frac{\# \text{ Vehículos públicos limpios}}{\# \text{ Total vehículos públicos}} * 100$	Corto
2	SC-COL-2			$\# \text{ Viajes públicos per cápita}$	Corto
3	SC-COL-3		SC-UIT- 5	$\frac{\# \text{ Ocupación del transporte público por localidad}}{\# \text{ Ciudadanos totales por localidad}} * 100$	Corto
4	SC-COL-4	SC-ISO-5	SC-UIT- 1	$\frac{\# \text{ Estación con información en tiempo real}}{\# \text{ Total de Estaciones}} * 100$	Corto
5	SC-COL-5	SC-ISO-15		$\frac{\# \text{ Estaciones de carga de vehículos eléctricos}}{\# \text{ Total vehículos eléctricos matriculados}} * 100$	Corto
6	SC-COL-6		SC-UIT- 8	$\frac{\text{Pérdida de tiempo en horas pico}}{\text{Pérdida de tiempo en horas planas}}$	Corto
7	SC-COL-7			Velocidad media en las avenidas principales	Corto
8	SC-COL-8			$\# \text{ Total de víctimas mortales de tráfico en el territorio}$	Corto
9	SC-COL-9		SC-UIT- 12	$\frac{\# \text{ fatalidades de tráfico}}{10.000 \text{ personas}}$	Corto
10	SC-COL-10		SC-UIT- 6	$\# \text{Rutas en bicicleta Kilómetros}$	Corto
11	SC-COL-11			$\frac{\# \text{ Rutas Aereas}}{10.000 \text{ Personas}}$	Corto
12	SC-COL-12			$\# \text{Cantidad de líneas de transporte urbano}$	Corto
13		SC-ISO-4		$\frac{\# \text{ Bicicletas compartidas disponibles}}{\# 10.000 \text{ personas}}$	Corto
14		SC-ISO-3	SC-UIT- 11	$\frac{\# \text{ Vehículos de pasajeros de bajas emisiones}}{\# \text{ Total vehículos}} * 100$	Medio
15		SC-ISO-1	SC-UIT- 2	$\frac{\# \text{ kilómetros de vías monitoreadas de tráfico}}{\# \text{ Kilómetros de todas las vías principales}} * 100$	Medio
16			SC-UIT- 4	$\frac{\# \text{Longitud de la red de transporte público}}{10.000 \text{ personas}}$	Medio
17		SC-ISO-9	SC-UIT- 3	$\frac{\# \text{ Semáforos inteligentes}}{\# \text{ Total semáforos}} * 100$	Medio
18		SC-ISO-2	SC-UIT- 7	$\frac{\# \text{ Usuarios en transporte compartido}}{10.000 \text{ personas}}$	Medio
19		SC-ISO-6		$\frac{\# \text{ Transporte Público con sistema unificado}}{\# \text{ Total transporte público}} * 100$	Medio
20		SC-ISO-7		$\frac{\# \text{ Estacionamiento público con sistema de pago electrónico}}{\# \text{ Total de Estacionamientos públicos}} * 100$	Medio
21		SC-ISO-8		$\frac{\# \text{ Estacionamientos públicos con disponibilidad en tiempo real}}{\# \text{ Total de Estacionamientos públicos}} * 100$	Medio
22		SC-ISO-12		$\frac{\# \text{ Transporte público con conectividad a internet}}{\# \text{ Total de líneas de transporte público}} * 100$	Medio
23		SC-ISO-10		$\frac{\# \text{ área mapeada por mapa interactivo de calles en tiempo real}}{\# \text{ Area total de la ciudad}} * 100$	Largo
24		SC-ISO-11		$\frac{\# \text{ Vehículos autónomos}}{\# \text{ Total de Vehículo registrados}} * 100$	Largo
25		SC-ISO-13		$\frac{\# \text{ Kilómetros de carretera con sistemas autónomos}}{\# \text{ Kilómetros totales de carreteras}} * 100$	Largo

Tabla 8. Comparativo de KPIs y periodo de aplicabilidad.

Fuente: Los Autores.

5 PROPUESTA DE HOJA DE RUTA PARA EL DESPLIEGUE DE SMART MOBILITY EN COLOMBIA.

La construcción de un proyecto de una ciudad inteligente es un trabajo cooperativo, en el que se involucran diferentes partes interesadas y cuyos intereses deben ser satisfechos [15]. Por lo tanto, la comunicación eficiente y el efectivo intercambio de información son fundamentales para que el ecosistema “Ciudad Inteligente” funcione para su objetivo principal: el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

La Movilidad inteligente es un ecosistema en sí mismo dentro de una ciudad inteligente, esto de acuerdo con la definición de ciudad inteligente como sistema de sistemas [referencia NIST]. De esta forma la movilidad inteligente como ecosistema está conformado por personas, entidades, soluciones tecnológicas, gobierno, entre otros. Todos estos actores interactúan dentro del ecosistema generando información y datos, la cual debe ser analizada para tomar decisiones y planear la ciudad. La movilidad inteligente como ecosistema en una ciudad hace parte de su evolución, y por eso es necesario plantear una estrategia de implementación y despliegue estructurada y coherente, tanto internamente como en articulación con los otros ecosistemas.

La estructuración del ecosistema de movilidad inteligente depende fuertemente de la implementación de soluciones TIC y su despliegue. Solo a través del uso de tecnología se pueden generar, obtener y procesar los datos de manera efectiva y eficiente para la construcción de KPIs y la analítica de información, cuyo objetivo debe ser la planificación de la ciudad de manera que se impacte la calidad de vida de sus habitantes [15]. Claro está que se debe garantizar una infraestructura básica de ciudad para dicho despliegue de soluciones TIC, garantizando a los habitantes un acceso a los servicios básicos.

Por esta razón, es necesario establecer un plan alcanzable y escalable en el tiempo que permita el desarrollo hacia una ciudad inteligente y sostenible mediante el despliegue de tecnología conforme a las necesidades de cada ciudad basados en la infraestructura existente.

En la evolución de una ciudad hacia una ciudad inteligente y sostenible se pueden definir diferentes etapas [15]:

- **Ciudad Existente:** es una ciudad con una infraestructura definida para la prestación de servicios a sus ciudadanos.
- **Ciudad Digital:** en este primer escalón existen servicios que se basan en soluciones tecnológicas desplegadas sobre la infraestructura existente de la ciudad. Si bien se recolectan datos, estos no se usan en la toma de decisiones.
- **Ciudad Inteligente:** en este eslabón los datos recolectados por las soluciones tecnológicas desplegadas en la ciudad para la prestación de servicios, son estructurados de manera que facilitan la toma de decisiones locales. Estas decisiones son tomadas alrededor de un servicio específico, mediante la construcción de KPIs para verticales independientes.
- **Ciudad Sostenible:** En esta ciudad los datos y KPIs construidos en diferentes verticales son articulados para la toma de decisiones globales que permita la planificación de la ciudad en alineación con los Objetivos de Desarrollo sostenible (ODSs) y las políticas nacionales. Todo esto para cumplir con la finalidad de una ciudad inteligente y sostenible que es mejorar la calidad de vida de sus habitantes mediante la prestación de servicios.

Para esta evolución se propone como primer paso la creación de una hoja de ruta por vertical basada en un conjunto de KPIs seleccionados. De esta manera, la metodología propuesta en este trabajo puede ser replicada en diferentes verticales hasta abordar todos los KPIs propuesto por la ISO. Es importante resaltar que también se pueden plantear KPIs intermedios en función del estado inicial de la ciudad.

Los KPIs se han elegido como herramienta de evaluación, y por lo tanto, el despliegue de las soluciones tecnológicas para la ciudad deben responder a la recolección de los datos necesarios para su construcción. De esta manera, la convergencia, la seguridad y la interoperación de los servicios toman un papel fundamental tanto en la vertical como en la construcción de una ciudad sostenible.

Entonces, la hoja de ruta de cada ciudad se debe construir de acuerdo con dos parámetros:

- El estado inicial de la infraestructura de la ciudad existente.
- El presupuesto con el que se cuenta para el despliegue de las soluciones tecnológicas que apoyaran la construcción de una ciudad digital y una ciudad inteligente.

Estos dos parámetros se deben evaluar desde la perspectiva de los objetivos que la ciudad quiere alcanzar de cara a apoyar los ODS y las decisiones que debe tomar para esto.

Por todo lo anterior, la metodología para construir esta hoja de ruta debe considerar la existencia brechas socio-económicas y presupuestales en los diferentes municipios del territorio colombiano. Los municipios colombianos son categorizados en 7 categorías de acuerdo con la resolución 314 del 30 de noviembre del 2022 de la contaduría general de la nación (Colombia) basada en el Ingreso Corriente de Libre Destinación (ICLD), la relación porcentual de los gastos de funcionamiento y la certificación que expida el DANE de la cantidad de población [16].

La Tabla 9 muestra el número de municipios en cada una de las categorías y el total de población de esos municipios para las vigencias 2022 y 2023. En ambas vigencias se observa que cerca del 30% de la población de Colombia está concentrada en los municipios de la categoría especial (ESP), el 32% en los municipios de la categoría 6, y el 38% en las categorías de la 1 a la 5. Esto puede ser un indicio del estado inicial de la infraestructura dentro de los municipios de Colombia, haciendo evidente que las hojas de ruta deben variar enormemente entre un municipio de la categoría especial y uno de los cerca de 970 municipios de la categoría 6.

Categoría	Cantidad de Municipios 2022	Población DANE 2022	Cantidad de Municipios 2023	Población DANE 2023
ESP	5	14.832.981	6	15.627.412
1	27	9.981.046	27	9.835.223
2	18	3.365.614	19	3.314.084
3	19	1.602.654	25	2.218.707
4	24	2.512.963	16	1.627.919
5	39	2.095.436	42	2.276.616
6	970	15.891.059	967	16.057.465

Tabla 9. Categorización de municipios según la contaduría general de la nación.

Fuente: Contaduría General de la nación Colombia.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el presupuesto es el otro parámetro para la construcción de la hoja de ruta, en la Tabla 10 se muestran los mismos datos, pero los municipios están agrupados por el monto resultante de la diferencia entre el presupuesto de Ingreso Corriente de Libre Destinación (ICLD) y los gastos de funcionamiento (GF) de cada uno de ellos. En ambas vigencias se observa que cerca del 31% de la población está ubicada en municipios donde el presupuesto de libre inversión después de gastos es inferior a 5 mil millones de pesos, y cerca del 51% de la población se ubica en municipios con un presupuesto superior hasta un máximo

de 1 millón de millones de pesos, rango superado en 2022 solo por Bogotá y en 2023 por Bogotá y Medellín, afectando un 15% y un 20% de la población respectivamente por año.

Rango ICLD después de gastos (Miles de pesos)	Número de municipios 2022	Población impactada 2022	Número de municipios 2023	Población impactada 2023
Superior a 1.000.000.000 Miles de pesos	1	7.743.955	2	10.407.387
Entre 1.000.000.000 Miles de pesos y 100.000.000 Miles de pesos	14	10.933.832	15	9.086.098
Entre 100.000.000 Miles de pesos y 50.000.000 Miles de pesos	17	5.563.424	17	5.288.406
Entre 50.000.000 Miles de pesos y 5.000.000 Miles de pesos	118	10.039.760	140	10.536.138
Por debajo de 5.000.000 Miles de pesos	952	16.000.782	928	15.639.397

Tabla 10. Municipios de Colombia agrupados según su rango ICLD después de gastos, Vigencia año 2022 y 2023.

Fuente: Contaduría General de la Nación Colombia.

Estos resultados evidencian la gran brecha económica en el territorio colombiano. Por lo que la estrategia nacional para el despliegue de ciudades y territorios inteligentes y sostenibles en el País, debería contemplar no solo un marco de referencia sino también un modelo de despliegue. El marco de referencia para facilitar la planificación de las hojas de ruta, y el modelo de despliegue para reducir el riesgo de adopción tecnológica en los 1068 municipios con presupuesto por debajo de 50 mil millones de pesos. Este riesgo de adopción tecnología inherente al despliegue de soluciones tecnológicas podría ser asumido por los dos municipios con presupuesto superior a 1 millón de millones de pesos, esto reforzado por el hecho que 20% de la población de Colombia vive en estos municipios.

Adicionalmente, mientras las hojas de ruta de los municipios pioneros que asumen el riesgo de adopción tecnológica realizando el I+D, transferencia y lanzamiento de las soluciones

tecnológicas en su territorio; las hojas de rutas de los municipios con menor presupuesto están orientadas al mejoramiento de la infraestructura de la ciudad existente, y esto contemplaría KPIs intermedios. Así, las soluciones tecnológicas llegan maduras a dichos municipios y la ciudad se ha preparado de manera estructurada para adoptarlas mediante la hoja de ruta. Una estrategia para esta transferencia de conocimiento, experiencia y soluciones tecnológicas es la construcción de áreas metropolitanas.

La hoja de ruta está diseñada para una ciudad grande con una infraestructura de ciudad existente suficiente para el despliegue de soluciones tecnológicas, unas capacidades de personal capacitado de fácil acceso y un presupuesto alto. Además, contempla la implementación de todo el conjunto de KPIs mostrado en el capítulo anterior, esto mediante la consideración de tres plazos (corto, medio y largo) para la implementación de los KPIs según el periodo de aplicabilidad definido en la tabla 8.

Cada plazo incluye el análisis, diseño, implementación y despliegue de la solución tecnológica necesaria para recopilar los datos de los KPIs. Así como la normalización, socialización, medición y analítica de los datos por lo menos en un ciclo de medición. De este modo, se considera la implementación de hasta 5 KPIs por plazo y se define la duración de cada plazo de la siguiente manera:

- El corto plazo se define como 5 años
- El mediano plazo se define como 10 años
- El largo plazo se define como 20 años.

De esta manera el plazo total para ejecutar la hoja de ruta depende del número de KPIs a implementar, así sería la suma de cada uno de los plazos contemplados sin solapamiento teniendo en cuenta que el dimensionamiento de estos plazos responde al estado de la infraestructura y su acceso, y al presupuesto disponible.

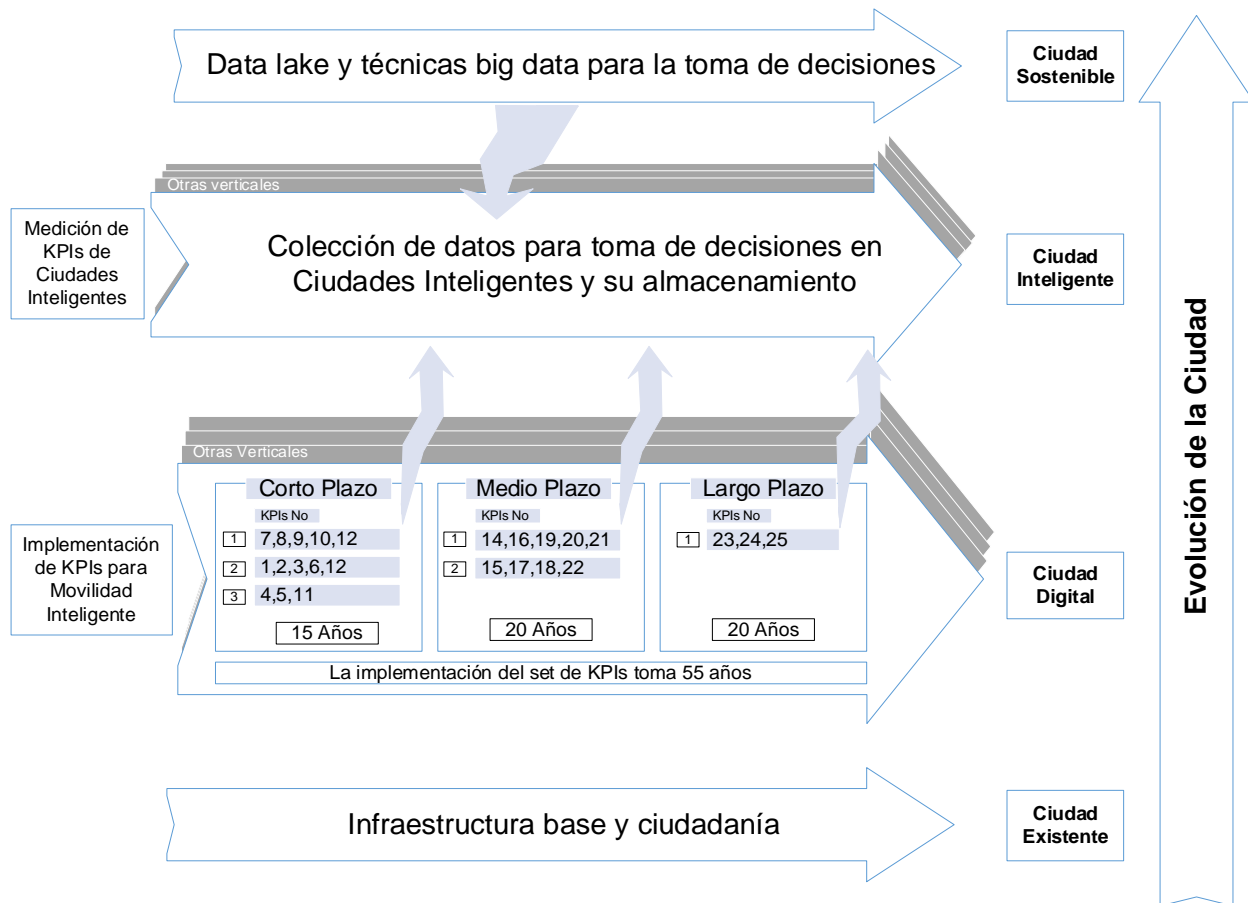


Figura 6. Hoja de ruta para implementación de movilidad inteligente en una ciudad inteligente.

Fuente: Los Autores.

La Figura 6. Hoja de ruta para implementación de movilidad inteligente en una ciudad inteligente. presenta la hoja de ruta propuesta para la Implementación de todo el conjunto de KPIs de la movilidad inteligente en una ciudad inteligente. Es importante resaltar que el éxito en el despliegue de esta hoja de ruta depende del presupuesto de la ciudad, las prioridades políticas, las partes interesadas y por supuesto la aceptación de la población. Entonces desde la evolución de la ciudad esta hoja de ruta puede ser explicada por pasos:

1. Etapa ciudad existente:

La ciudad cuenta con una infraestructura base que debe ser reconocida y caracterizada, y una ciudadanía que debe ser capacitada e informada.

2. Etapa ciudad digital:

Es necesario que la ciudad ofrezca múltiples servicios que permitan la recolección de datos para construir los KPIs en cada una de las verticales que se definan. No importa si estos servicios utilizan una interfaz manual o automatizada para almacenar la información en una base de datos, o se despliega una infraestructura para recolectar los datos sin la intervención humana.

Toda la implementación de los KPIs a través de soluciones tecnológicas está en esta etapa y los tiempos que definen los plazos contemplan la integración vertical de la hoja de ruta. Es de destacar que el KPI a implementar debe considerar no solo la disponibilidad de los datos, sino también la probabilidad afectación. Aquí el enfoque es en el servicio, por lo que se pueden generar muchos más datos que los necesario para la construcción de un KPI, y que estos sean utilizados por el prestador de servicio para su gestión sin que se afecte la toma decisiones de la ciudad, es aquí donde se deben desarrollar modelos de negocio sostenible que dinamicen la economía de la ciudad.

El caso de movilidad inteligente el plazo de ejecución de la hoja de ruta sería de 55 años, ya que según la Tabla 8 en el conjunto de KPIs se cuenta con:

- Trece KPIs que pueden ser implementados en corto plazo para la formación de 3 grupos de 5 KPIs y un total de 15 años.
- Nueve KPIs en medio plazo para la formación de 2 grupos de 5 KPIs y un total de 20 años.
- Tres KPIs en largo plazo para 1 solo grupo de 5 KPIs y un total de 20 años.

La ciudad debe contar con sistemas de información con datos abiertos o acuerdos para dar los datos a la ciudad, y/o soluciones de IoT. El esquema de seguridad debe estar definido de manera estratégica por la ciudad y acordado con los prestadores de servicios, por lo que el marco de referencia de la ciudad es importante desde la digitalización de los datos.

3. Etapa ciudad inteligente:

Es posible tomar decisiones en una vertical con base en el valor de los KPIs implementados, por lo que es recomendable tener implementados al menos dos KPIs en al menos una vertical. En enfoque aquí es el intercambio de información entre el servicio

y ciudad, para que los datos que la ciudad almacena estén relacionados con la construcción de KPIs, y se pueda facilitar la toma de decisiones y a construcción de lago de datos de la ciudad.

La ciudad debe contar con infraestructura de almacenamiento y las Bases de Datos deben contar con interfaces como APIs o ETLs para facilitar la interoperabilidad y convergencia de los servicios y los datos.

4. Etapa de ciudad sostenible:

A través de técnicas de BigData sobre el lago de datos de la ciudad que contiene todas las verticales implementadas se logra una correlación entre los KPIs de diferentes verticales, lo que ayuda a la toma decisiones para planificar la ciudad. Esas decisiones se reflejarán en programas, proyectos e iniciativas cuya ejecución genera cambios sobre los valores de los KPIs, más una afectación que una inversión directa.

Es de resaltar de que en esta etapa es obligatorio realizar medición continua de los KPIs implementados en la ciudad. Al igual que el hecho que los KPIs o tienen que alcanzar su valor máximo, solo se deben definir metas en los programas, proyectos e iniciativas.

Si bien la hoja de ruta propuesta para movilidad inteligente dura 55 años, teniendo en cuenta las brechas presentadas anteriormente se puede considerar reducir el número de KPIs a implementar dentro de la hoja de ruta, en función del presupuesto disponible y la infraestructura de la ciudad existente.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los lineamientos de la propuesta de ciudades y territorios inteligentes en Colombia, se puede aparte de realizar la medición de los KPIs, promover proyectos que permitan la dinamización de los datos, tanto para su adquisición como la adopción de los ciudadanos, midiendo la percepción y generando participación de los mismos.

Al identificar los KPIs utilizados a nivel mundial donde se seleccionaron 15 KPIs de la ISO y 12 KPIs la ITU, se notó que dichos KPIs de acuerdo con su impacto se basan en la medición de transportes limpios, gestión de tráfico, aplicaciones con alta demanda de TICs, pagos de transporte y temas de seguridad. Métricas netamente cuantificables y no con medición que puede ser sesgada o subjetiva por intereses políticos.

Una vez se identificaron los KPIs se nota una flexibilidad entorno a cómo aplicarlos de acuerdo con tres factores fundamentales, coincidencia entre organizaciones, forma de medición y periodo de aplicabilidad. Con esta información se estructuró un conjunto de 25 KPIs, que segmentados y organizados generan una hoja de ruta cuya duración para la ejecución depende directamente de una infraestructura base, de sus ciudadanos y del presupuesto disponible. Es por esta razón que no será lo mismo la forma en que una ciudad con gran presupuesto y con buena infraestructura planifica su hoja de ruta, a como lo hace una con presupuesto bajo y sin buena infraestructura. Ya que los KPIs a implementar son diferentes, sin embargo los KPIs planteados en este trabajo deben ser tenidos en cuenta ya sea como una finalidad a través de KPIs intermedios dentro del desarrollo de la vertical de movilidad inteligente.

La hoja de ruta que se plantea en el presente documento contempla la evolución de la ciudad desde la infraestructura básica hasta una ciudad sostenible. Para la vertical de movilidad inteligente se hace énfasis en la implementación de los KPIs por periodo de aplicabilidad, lo cual aportará de manera constante información valiosa para un análisis y toma de decisión coherente basada en los datos, tanto a nivel de vertical como a nivel de ciudad inteligente. Además de esto, se identifica la necesidad de contemplar un marco de referencia y un modelo de despliegue flexibles, que contemplen las grandes brechas económicas del país, con el objetivo que las ciudades y territorios inteligentes sean una realidad para todos los municipios en función de sus posibilidades.

Si bien dentro de la hoja de ruta se contemplan KPIs que su objetivo final es medir ciertas circunstancias para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos; no se plantea directamente dentro de sus etapas la inclusión de ellos para medir su percepción en cuanto a cómo evoluciona la ciudad y cómo han sido adoptadas por ellos las políticas basadas en las decisiones tomadas. Es decir, que para futuros trabajos tanto en la vertical de movilidad como en el resto de las verticales es preponderante incluir en algunas etapas de la evolución de la ciudad la opinión de sus ciudadanos de forma directa y establecer estrategias de medición adecuadas para que estas confronten las decisiones tomadas.

En base a esta hoja de ruta se planea lo siguiente para promover su aplicabilidad dentro de las ciudades o municipios de Colombia:

- Las soluciones tecnológicas que deben ser desplegadas dentro de una ciudad deben estar pensadas, promovidas y ejecutadas de cara a medición de los KPIs planteados en su hoja de ruta.
- Aparte de la medición por medio de TICs de los KPIs, se deben establecer estrategias para que la ciudadanía acoja de forma consciente y participativa el desarrollo de la ciudad, siendo no sólo un beneficiario sino un actor activo dentro de las ciudades y los territorios inteligentes y sostenibles. Por lo tanto, la ejecución de la hoja de ruta debe estar acompañado por un programa de cultura ciudadana.

REFERENCIAS

- [1] Naciones Unidas, «Objetivos de desarrollo sostenible. Objetivo 11: Ciudades y Comunidades sostenibles.,» NU, 2022. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>. [Último acceso: 25 Mayo 2022].
- [2] Departamento Nacional de Planeación Colombia, «Departamento Nacional de Planeación,» 2022. [En línea]. Available: https://downloads.ctfassets.net/27p7ivvbl4bs/2hQ2JUx93yk6ZL6HDC2AsA/3c21426b85bfeeb66eb7f0e2a8d064fe/Ley1955de2019_PND.pdf. [Último acceso: 01 Junio 2022].
- [3] J. B. M. P. Oliver Gassmann, *Smart cities : introducing digital innovation to cities*, Gallen, Suiza: Emerald Publishing Limited, 2019.
- [4] J. J. A. M. F. R. C. Dangon, «Algunas reflexiones sobre movilidad la movilidad urbana en Colombia desde la perspectiva del desarrollo humano,» Bogota, Colombia, Scielo, 2011, pp. 485-513.
- [5] S. M. S. G. I. Šemanjski, «Smart Mobility,» *IEEE XPLORE. Internation symposium ELMAR* , pp. 63-66, 2018.
- [6] T. Z. M. Wang, «Does smart city implementation improve the subjective quality of life? Evidence from China,» *Technology in Society*, vol. 72, nº 102161, pp. 1-13, 2023.
- [7] L. B. K. B. J. S. Ricardo Faria, «Smart Mobility: A Survey,» *IEEE Xplore. Internet of Things for the Global Community, IoTGC 2017*, nº IOTGC.2017.8008972, pp. 1-8, 2017.
- [8] Iván Mauricio Durán, Ingrid Tatiana Motealegre, Luisa Fernanda Medina, Juan Carlos Ochoa Ayala, Mauricio Andrés Camaccho, Jorge David Castilla Arévalo, «Gobierno digital. MODELO DE MEDICIÓN DE MADUREZ DE CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES PARA COLOMBIA-MMMCTIC,» 2021. [En línea]. Available:

- https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-179100_recurso_3.pdf. [Último acceso: 2021].
- [9] MINTIC COLOMBIA, «Borrador Modelo de Madurez de Ciudades y Territorios Inteligentes,» 2019. [En línea]. Available: www.mintic.gov.co.
- [10] MINTIC COLOMBIA, «Gobierno digital,» 2019. [En línea]. Available: https://maximavelocidad.gov.co/710/articles-94310_recurso_2.pdf. [Último acceso: Junio 2021].
- [11] H. P. Valentina Ortiz, «Universidad Pontificia Bolivariana,» 2021. [En línea]. Available: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9609/238_1%20\(1\).pdf?sequence=1..](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9609/238_1%20(1).pdf?sequence=1..) [Último acceso: Febrero 2023].
- [12] D. C. Cristina Bueti, «Collection Methodology for Key Performance Indicators for Smart Sustainable Cities,» United 4 Smart Sustainable Cities, Ginebra, Suiza, 2017.
- [13] ISO, «INTERNATIONAL STANDARD ISO/FDIS 37122 Sustainable cities and communities Indicators for smart cities,» ISO, Ginebra, Suiza, 2019.
- [14] S. V. Burgos, Establecer la articulación entre los indicadores internacionales y nacionales propuestos para la medición de desarrollo de Ciudades Inteligentes., Bogotá, DC.: USTA, 2022.
- [15] V. V. Atmakurl, M. S. N. Lari y A. Thangaraj, «Design for Sustainable Smart Cities; An Impactful Approach Through the Role of Designers Towards Future of Mankind,» de *Design for Tomorrow- V1 Proceedings of ICoRD 2021*, Mumbai, India, Springer, 2021, pp. 961-970.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Ciudades y Territorios Inteligentes MinTIC Colombia. [8]	8
Figura 2. Dimensiones del Modelo de Ciudades y Territorios Inteligentes MinTIC [8].	10
Figura 3. Definición de la Dimensión 'Habitad' y Subdimensiones de interés [8].....	10
Figura 4. Estructura del modelo de evaluación de Territorios y Ciudades Inteligentes, Colombia [8].	11
Figura 5. Relación entre los estándares ISO estudiados.....	15
Figura 6. Hoja de ruta para implementación de movilidad inteligente en una ciudad inteligente.	26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de medición de capacidades en las entidades públicas [10].	11
Tabla 2. Identificación de los actores clave para la medición de percepción [8].	12
Tabla 3. Niveles de medición de percepción de parte de los ciudadanos [10].	13
Tabla 4. Niveles de medición de resultados por el MinTIC [10].	13
Tabla 5. Indicadores de resultados propuestos por MinTIC para la medición de madurez de ciudades y/o territorios inteligentes en Colombia. **Autores.	14
Tabla 6. KPI ISO aplicables a la movilidad inteligente. **Autores.	16
Tabla 7. KPIs de Movilidad inteligente de acuerdo con la UIT. **Autores.	18
Tabla 8. Comparativo de KPIs y periodo de aplicabilidad.	20
Tabla 9. Categorización de municipios según la contaduría general de la nación.	23
Tabla 10. Municipios de Colombia agrupados según su rango ICLD después de gastos,	24



Sustainable Smart Cities and Territories International Conference

Manizales (Colombia) - 21st-23rd June, 2023

Communication Certificate

The Organizing Committee of the Sustainable Smart Cities and Territories International Conference (SSCT2023), hereby

CERTIFIES that:

Gustavo Adolfo Guzmán Cadavid has delivered an oral presentation of the paper "*A novel approach for Smart Mobility Roadmap in Smart Cities*" by Tatiana Zona-Ortiz, and Gustavo Guzman during the conference held in Manizales (Colombia) from 21st to 23rd June, 2023.

Sincerely,

Luis Fernando Castillo de Ossa
Chair of the Local Committee



Juan M. Gorchado Rodríguez
Chair of the Program Committee



Universidad de Caldas



U Caldas
Virtual



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

BENJAMIN GORCHADO
BISITE



IoT DIGITAL
INNOVATION HUB