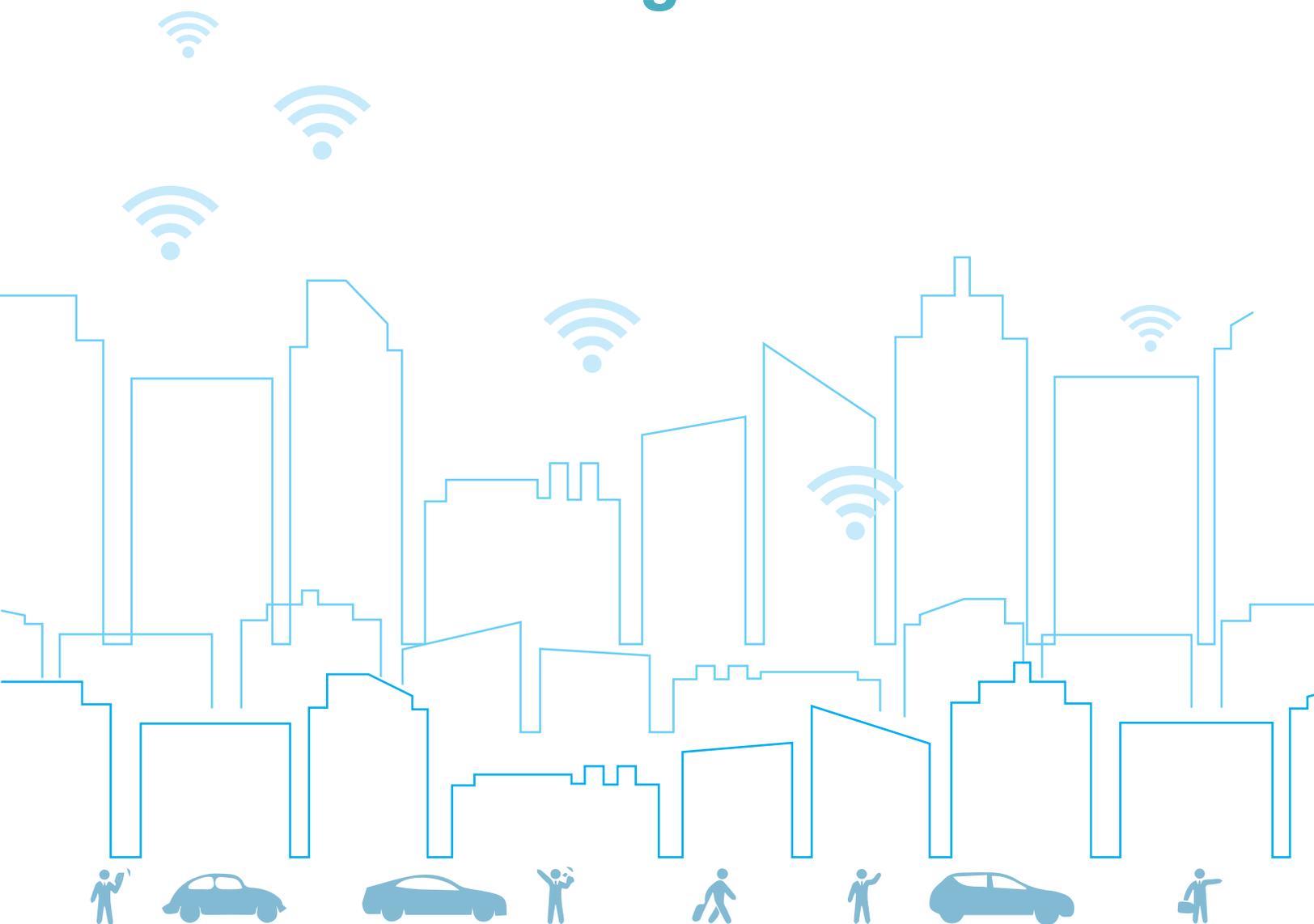


Plan Maestro Modelo para el Desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudad Inteligente Abierta



Agradecimientos

En la realización de este estudio colaboraron múltiples personas desde diferentes ámbitos del quehacer académico, profesional, gubernamental y ciudadano. Vayan a todas ellas nuestros agradecimientos.

Autores e investigadores del presente libro

Universidad de Santiago de Chile (Usach) Smart City Lab Usach

Dr.-Ing. Pedro Palominos Belmar, Ingeniero Civil Industrial
Mg. Ing. Rodrigo Martín Quijada, Arquitecto
Dr.-Ing. Héctor Kaschel Cárcamo, Ingeniero Civil en Electricidad
Mg. Juan Barrientos Maturana, Psicólogo
Mg. Gabriel Reyes Seisdedos, Abogado
Mg. Sebastián Laclabère Arenas, Arquitecto
Ing. José Quiroga Párraga, Ingeniero en Sistemas Electrónicos

Contraparte técnica Corfo

Bruno Opazo Ruiz, Ingeniero Informático
Jaime Yáñez Aguilera, Ingeniero Civil en Informática
Guacolda Velásquez Cabezas, Administradora Pública
Bernardita Rivera Mardones, MBA, Pedagoga en Matemáticas y Física

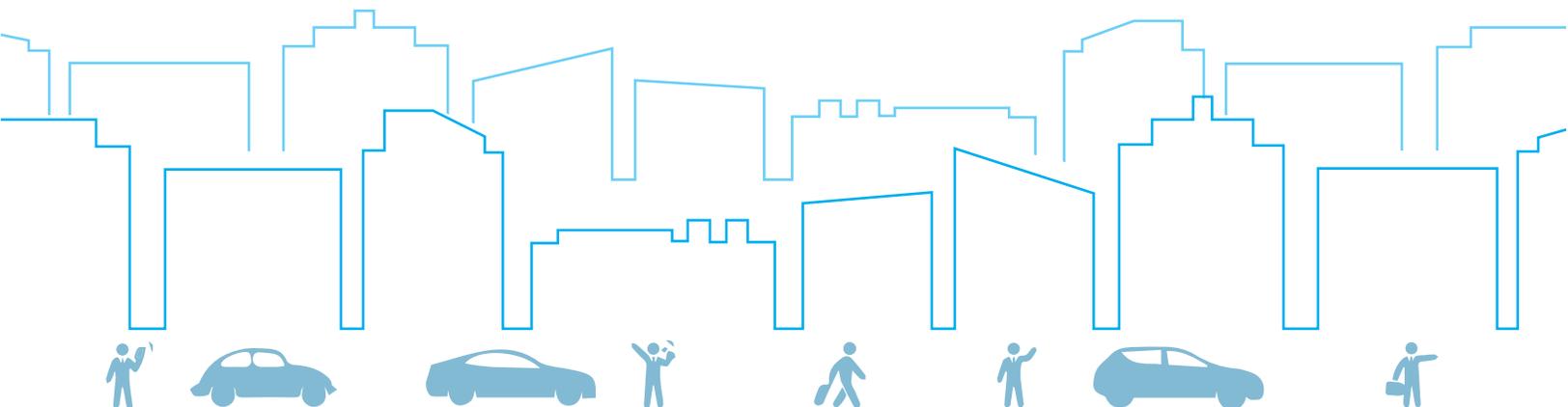
Representante parte mandataria ACTI

Juan Carlos Letelier Elgueta, Ingeniero Civil Industrial

Diseño gráfico e infografías

Cristian Morales Rubio

Este libro fue editado en Santiago de Chile el 30 de junio de 2020



CONTENIDO

PRÓLOGO

Corfo	5
Universidad de Santiago de Chile	6

CAPÍTULO I

Ciudades Inteligentes Abiertas	7
Características de una Ciudad Inteligente Abierta	8
Las bases de una Ciudad Inteligente Abierta	11
Estándares tecnológicos abiertos	12
Participación ciudadana	13
Ecosistema de una Ciudad Inteligente Abierta	13
Las capas o sistemas de una Ciudad Inteligente Abierta	15
Referentes de una Ciudad Inteligente Abierta	16

CAPÍTULO II

Arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta	18
Ciudades conectadas	18
Características de una arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta	18
Requisitos de una arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta	19
Soporte de la seguridad informática	21
Redes de comunicaciones abiertas de alta velocidad	22
Redes de comunicaciones abiertas de baja potencia	22
Regulaciones y normas técnicas de la Subtel para equipos de alcance reducido	24
Internet de las cosas para implementar Ciudades Inteligentes Abiertas	24
Sensores inteligentes	25
Capas de sensores y dispositivos conectados	27
Capa de interconectividad	28
Capa de centros integrados de operación y control	29
Capa de aplicación e interfaces de comunicación	29
Gestión y ciberseguridad	30

CAPÍTULO III

Alumbrado público inteligente conectado	32
Propuesta de una infraestructura habilitante de Ciudad Inteligente Abierta a partir de la red de alumbrado público inteligente	33
Red de alumbrado público inteligente (RAPI)	34
Red inalámbrica de sensorización (WSAN) IoT	35
Sistema central de gestión (Central Management System – CMS)	37
Acces points o gateways	37
Controles inalámbricos de luminarias y enrutadores de red WSAN	39
Implementación de una infraestructura habilitante IoT basada en la red de alumbrado público	40

CAPÍTULO IV

Aplicaciones de Ciudades Inteligentes Abiertas	43
Aplicaciones inteligentes para una Ciudad Inteligente Abierta	43
Modelo de arquitectura TICs en una Ciudad Inteligente Abierta	43
Aplicaciones y servicios de una Ciudad Inteligente Abierta	46
Desarrollo de soluciones o aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta en otros países y Chile	47
Beneficios de las aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta	49
Desafíos y futuro de las aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta	50

CAPÍTULO V	Visión general del asociativismo municipal	53
	Descripción de casos en Chile	53
	Propuesta de asociación municipal para desarrollar infraestructura habilitante de una Ciudad Inteligente Abierta	55
	Compras conjuntas y economías de escala	56
	Principios	58
	Recomendaciones	59
CAPÍTULO VI	Gobernanza en una Ciudad Inteligente Abierta	60
	Marco jurídico	60
	Políticas de corto y largo plazo	62
	Gobernanza	63
	Programas públicos y alianzas público-privadas	66
	Recomendaciones	67
CAPÍTULO VII	Financiamiento y compras de infraestructura y de servicios para avanzar hacia una Ciudad Inteligente Abierta	68
	Alternativas de financiamiento	68
	Contratación de servicios	69
CAPÍTULO VIII	Modelo de Negocio en Ciudades Inteligentes Abiertas	72
	Modelo Canvas	72
	Modelo de negocios para el sector público	74
	Modelos de negocios público-privados	79
	Alianzas público-privadas	84
CAPÍTULO IX	Centro urbano de gestión inteligente abierta	88
	Definiciones	88
	Tecnologías para gestión de datos urbanos	91
	Propuesta de implementación en el país	94
	Propuesta de modelo de operación e integración de la red	96
CAPÍTULO X	Modelo metodológico para la implementación de una infraestructura habilitante de Ciudades Inteligentes Abiertas	97
	Cómo usar esta guía metodológica	99
	Definiciones previas	99
	Etapas metodológicas que se proponen	100
	Diagnóstico	102
	Perfilamiento	106
	Implementación del proyecto	113
	Seguimiento	121
BIBLIOGRAFÍA	Referencias bibliográficas	124
ANEXO 1	Índice de los Informes del Plan Maestro	
	Modelo para el desarrollo de infraestructura habilitante de una Ciudad Inteligente Abierta	127



Prólogo Corfo



Sr. Pablo Terrazas Lagos

Vicepresidente Ejecutivo
Corporación de Fomento
de la Producción
(Corfo)

Según datos publicados por la ONU, en su informe anual “Perspectivas de la población mundial”, más de la mitad de los habitantes del planeta viven en ciudades y las estimaciones para 2050 señalan que esta cifra alcanzará hasta el 70%. Al mismo tiempo, resulta paradójico que, si bien el área urbana total en el mundo no supera el 2%, las ciudades son responsables, en gran parte, de la generación de contaminación de nuestro planeta.

Tomando en cuenta estas cifras y la conciencia mundial sobre el desarrollo sostenible, resulta indispensable centrar y redirigir los esfuerzos hacia la reconversión de las ciudades, impulsando soluciones inteligentes centradas en mejorar la calidad de vida de las personas.

En los últimos años, hemos sido testigos de las abruptas y aceleradas transformaciones que han sufrido las metrópolis y de la escasa lógica y planificación previa que muchas veces cruza este proceso. Lo anterior dificulta posibles intervenciones estratégicas en los territorios, por lo que es imperativo y necesario revertir la no-planificación y acoger al habitante como eje central de reestructuraciones y estrategias futuras.

La creciente migración de la población hacia las ciudades ha influido directamente en la explosión del desarrollo de tecnologías urbanas, especialmente de levantamiento y procesamiento de datos a nivel mundial. La amplia conectividad y principalmente la IoT (Internet de las Cosas) nos permiten levantar datos y registros de todo lo que sucede o afecta a un territorio determinado. Esto se traduce en lo que llamamos sensorización, la que nos hace posible estar informados continuamente respecto de movimientos, flujos, estados y calidades medioambientales, entre otros. Por otra parte, la sistematización de los datos puede convertir a una urbe en una ciudad inteligente, incorporando la tecnología al servicio de sus habitantes, lo que necesariamente mejorará su calidad de vida.

Sin ir más lejos, en estos tiempos, la problemática de la densidad urbana y su gestión se han vuelto claves en el manejo de la pandemia. Esta experiencia de shock, sin duda, puede convertirse en una oportunidad para que nuestras ciudades se adapten y mejoren la calidad de vida de las personas, adoptando y desarrollando tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) para las comunidades.

Desde Corfo, nuestros esfuerzos están enfocados en acompañar e impulsar a los gobiernos locales en este proceso de transformación hacia territorios sostenibles, innovadores, competitivos, atractivos y resilientes, ya que buscamos fortalecer las capacidades tecnológicas para alcanzar un desarrollo sostenible y territorialmente equilibrado, privilegiando la visión de fomento productivo mediante alianzas público-privadas, a través del involucramiento vital de la academia y la ciudadanía.

La guía de implementación de ciudades inteligentes se materializa en el “Plan Maestro Modelo para el Desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudades Inteligentes Abiertas”, que fue desarrollado por el “Programa Centro Smart City Lab” de la Universidad de Santiago de Chile, y se enmarca en el Programa para Iniciativas de Fomento Integradas -IFI- de Impacto Estratégico “Infraestructura Habilitante de Ciudades Inteligentes” de Corfo.

En este libro se presentan la metodología y los procesos necesarios para que los territorios transiten de manera planificada en el camino hacia Ciudades Inteligentes Abiertas, adoptando tecnologías habilitantes, que permitan la comunicación, análisis y gestión de datos e información urbana para avanzar en la calidad de vida de los habitantes, y facilitar tanto los procesos de participación y gobernanza como también el desarrollo de nuevos modelos de servicios y negocios asociados a la aplicación de tecnología.

Prólogo Universidad de Santiago de Chile



**Dr. Juan Manuel
Zolezzi Cid**
Rector
Universidad de
Santiago de Chile

La actividad humana durante decenas de siglos se desarrolló en los vastos territorios que permitían los cultivos de cereales, el pastoreo y las actividades artesanales que se intercambiaban en los mercados locales. Posteriormente, países como el nuestro tenían gran parte de su población en asentamientos rurales y la vida giraba en torno a las actividades propias del campo y del cultivo de la tierra. Sin embargo, desde la segunda mitad del siglo XX y de manera mucho más acelerada en estos primeros 20 años del siglo XXI, la migración de las personas desde el campo a la ciudad ha generado la ampliación de los centros urbanos superando cualquier expectativa de expansión que pudiese haber existido en sus orígenes.

Probablemente, para los habitantes del Santiago de inicios del siglo XX -hace tan solo 100 años- hubiese resultado muy difícil de creer o imaginar que la ciudad terminaría incorporando dentro de su cotidiano ajetreo, a localidades tan lejanas y remotas como las actuales comunas de Las Condes, Maipú, San Bernardo o Puente Alto, vistas en aquel entonces como completamente rurales. Y es que el crecimiento de las ciudades ha sido no solo explosivo, sino que muchas veces inorgánico o con una precaria visión estratégica del futuro. En este estado de las cosas, lo que probablemente tiene mayor nivel de certeza mirando hacia el futuro es que las ciudades seguirán creciendo no solo en la ampliación de sus territorios y aumento de la población humana, sino que también en complejidad, problemas y, por supuesto, ventajas y oportunidades.

El apresurado desarrollo de las tecnologías de las últimas décadas, especialmente el desarrollo de la red de internet, ha posibilitado la existencia de un sinnúmero de dispositivos que nos permiten mirar, oír y actuar en territorios en donde no estamos presentes de manera física. Mediante los teléfonos inteligentes, podemos estar presentes de manera virtual en prácticamente cualquier lugar del mundo, en cualquier momento y con una instantaneidad sorprendente. Es así como estas ventajas tecnológicas nos permiten el procesamiento de millones de datos en segundos, anticipando comportamientos y necesidades de las personas. Es entonces posible saber ¿dónde se producen los principales atochamientos viales? ¿Cuándo es necesario el paso del camión recolector de basura? ¿Cuándo y dónde se producen delitos? ¿Podemos adelantarnos a todo esto y así usar de manera eficiente y ecológica los recursos involucrados? El concepto de ciudad inteligente es relativamente reciente para los desarrollos urbanos mundiales y, más allá de las definiciones técnicas y/o académicas que se desarrollan en todo el mundo (y por supuesto también en el presente libro), las ciudades inteligentes son aquellas que han puesto a la tecnología al servicio de sus habitantes, apuntando de manera permanente a mejorar la calidad de vida de todos y todas quienes compartimos los espacios en la ciudad.

Ese fin se vuelve especialmente estratégico cuando sabemos que las poblaciones urbanas seguirán creciendo, aumentando con ello las dificultades para las soluciones habitacionales, la provisión de servicios y el empeoramiento de la calidad de vida. Cuando podemos orientar la tecnología al servicio de los bienes comunes que permiten ciudades armónicas y con sus habitantes en el centro de sus preocupaciones, estamos permitiendo también que el desarrollo del conocimiento y su consiguiente aplicación tecnológica llegue a toda la población. De esta manera, el conocimiento y la tecnología también son un espacio de equidad y democracia.

Como Universidad de Santiago de Chile, nuestro propósito es crear, preservar y difundir el conocimiento mediante la docencia, investigación y vinculación con el medio, colocando al servicio de las comunidades todo ese acervo propio del quehacer de esta Casa de Estudios estatal y pública. Es por ello que nos complace presentar a las comunidades, representadas en los diferentes municipios del país, esta guía de implementación de ciudades inteligentes. Mediante diversos desarrollos teóricos y conceptuales, pero también con aportes prácticos y concretos, buscamos ser una brújula en la búsqueda de hacer de nuestros actuales centros urbanos, espacios inteligentes y al servicio de la comunidad. No podemos ausentarnos de esta labor, pues la principal y última vocación del conocimiento, es mejorar las condiciones de vida de todos y todas.

Ciudades Inteligentes Abiertas: definiciones, beneficios, estado del arte en Chile y el mundo

**En este capítulo
se revisarán los
siguientes puntos:**

- **Definiciones de Ciudad Inteligente Abierta**
- **Características de una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Las bases de una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Estándares tecnológicos abiertos**
- **Participación ciudadana**
- **Ecosistema de una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Las capas o sistemas de una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Referentes de una Ciudad Inteligente Abierta**

Definiciones de Ciudad Inteligente Abierta

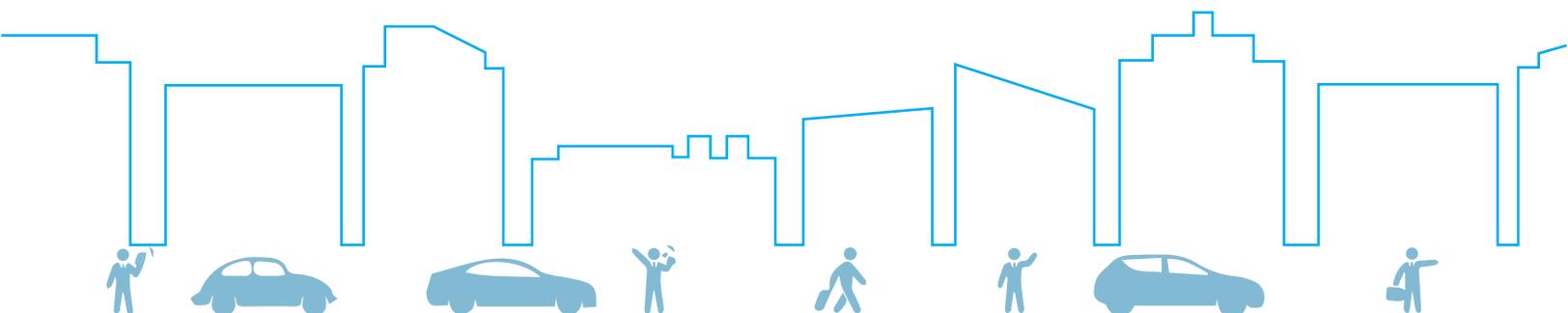
El concepto de Ciudad Inteligente nace como respuesta al incremento en la complejidad de la ciudad actual, donde infinitas oportunidades se detonan producto de la generación de una gran cantidad de información y de las múltiples relaciones sinérgicas entre los diversos sistemas urbanos.

La Ciudad Inteligente puede definirse como la gestión eficiente de la información que genera la ciudad y sus habitantes, mediante la incorporación y masificación de tecnologías de información y comunicaciones (TICs), poniendo al habitante del territorio en el centro, con el fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, optimizar los procesos de gestión de recursos y potenciar el desarrollo de nuevos servicios urbanos y/o políticas públicas.

Las Ciudades Inteligentes Abiertas permiten que la información sea útil para sus habitantes. En este sentido, se busca superar la definición más clásica de Ciudad Inteligente, que la propone como "una ciudad tecnológicamente instrumentada, con sistemas integrados, donde gran cantidad de información recolectada por sensores, es utilizada para gestionar y controlar la vida urbana en tiempo real" (Kitchin, 2016), es decir, como un problema de solución tecnológica. Y se propone "una ciudad donde los residentes, la sociedad civil, la academia y el sector privado colaboran con los oficiales públicos para movilizar tecnología y datos, de una forma ética, responsable y transparente, para dirigir el gobierno del territorio de forma justa, buscando el bien común, mediante desarrollo económico balanceado, progreso social y responsabilidad ambiental" (Lauriault, 2018).

Con el paradigma de Ciudad Inteligente Abierta se busca asegurar que las ciudades del futuro no solo sean más inteligentes, sino también más abiertas y accesibles desde todo punto de vista: tecnologías, protocolos de comunicación, relación con la ciudadanía, acceso a la información, participación y transparencia. Casos de aplicación de estos conceptos son Montreal, Toronto, Bristol, Helsinki, Nueva Orleans y Nueva York.

A continuación, en la figura 1.1, se presentan los principios de la Ciudad Inteligente Abierta:



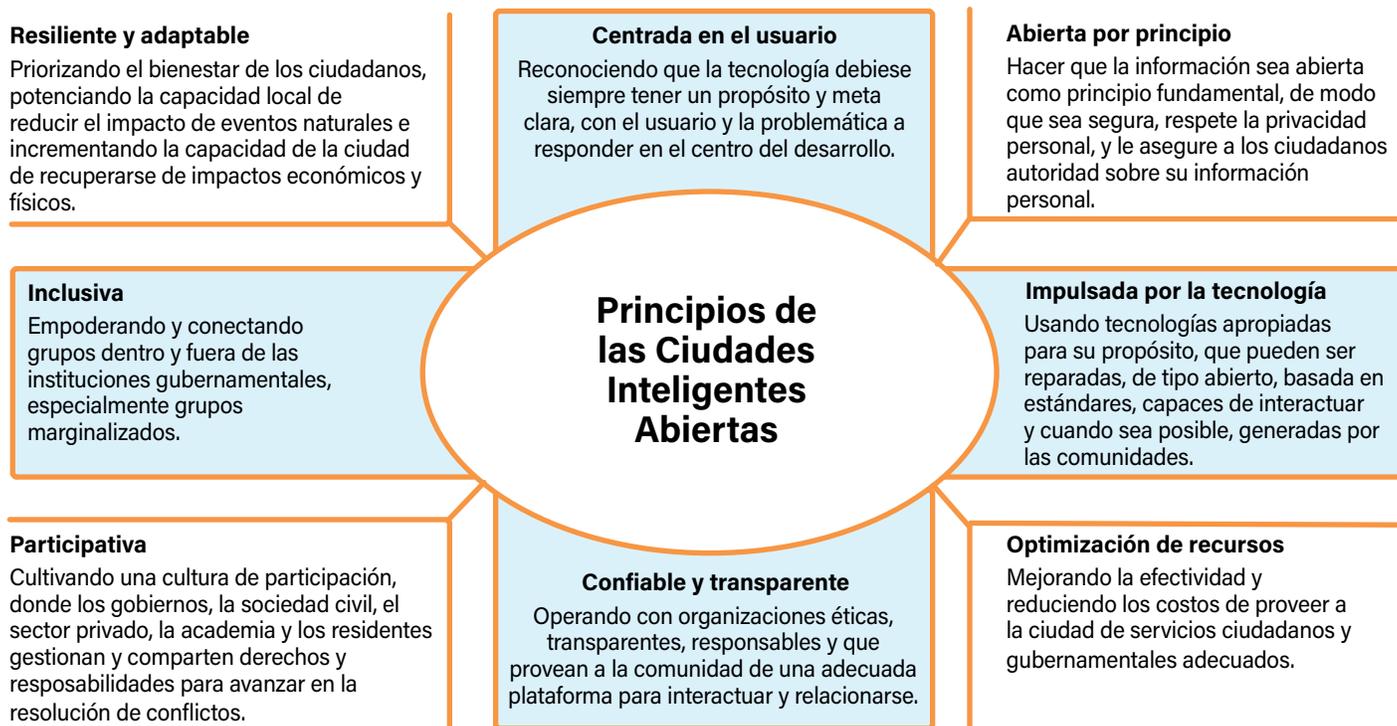


Figura 1.1 Principios de la Ciudad Inteligente Abierta / Fuente: Future Cities (<https://futurecitiescanada.ca/>)

Características de una Ciudad Inteligente Abierta

- **Gobernanza abierta**
- **Participación, colaboración y sensibilidad**
- **Datos, estándares y tecnologías abiertas**
- **Gestión de datos abiertos**
- **Sistema sociotecnológico**

La gobernabilidad en una Ciudad Inteligente Abierta es ética, responsable y transparente. Estos principios se aplican al gobierno de las plataformas sociales y técnicas que incluyen datos, algoritmos, habilidades, infraestructura y conocimiento.

- 1) Los siguientes principios, documentos y proyectos sirven de guía a los actores de una Ciudad Inteligente Abierta para formular un modelo de gobierno ético, responsable y transparente.

Las ideas expuestas se pueden utilizar para guiar el acuerdo sobre la creación de la misión, visión, mandatos y la redacción de planes estratégicos de una Ciudad Inteligente Abierta, hojas de ruta e indicadores clave de rendimiento.

- a) Gobierno ético:

Los principios éticos están comenzando a aparecer en los planes de algunas ciudades inteligentes, como las antes mencionadas: equidad, inclusión, protección de la confianza, soberanía tecnológica -que se define como la capacidad de los ciudadanos de establecer los términos de uso y el propósito previsto de la tecnología-, honestidad, accesibilidad a la información del gobierno, apertura y arquitecturas abiertas, y privacidad por diseño.

Estos principios se analizan a continuación, y se encuentran no solo en estrategias inteligentes y digitales, sino también en algunos planes estratégicos urbanos (como en los casos de Helsinki y Nueva York).

- b) Gobierno cooperativo y multijurisdiccional:

La colaboración es un componente esencial en las Ciudades Inteligentes Abiertas, debido a los diferentes niveles del gobierno, que tienen distintas responsabilidades jurisdiccionales y que también aplican diferentes leyes, regulaciones y políticas dependiendo de dónde se implemente una Ciudad Inteligente Abierta. Por ejemplo, los servicios públicos canadienses de distribución de agua, gas y electricidad no se rigen únicamente por las ciudades, sino que por un conjunto complejo de actores, regulaciones, leyes y entidades gubernamentales multijurisdiccionales y multisectoriales que son únicos para cada provincia y específicos para cada utilidad. Sin embargo, una ciudad puede desarrollar su propia disposición en la red inteligente y generar flujos de energía alternativos.

- c) Gobierno responsable:
Las plataformas de responsabilidad digital están comenzando a surgir como métodos para que los residentes supervisen y presenten propuestas.
 - d) Gobierno transparente:
Proporcionar los medios para que los residentes se enteren de la toma de decisiones.
- 2) Una Ciudad Inteligente Abierta es participativa, colaborativa y sensible. Es una ciudad donde el gobierno, la sociedad civil, el sector privado, los medios de comunicación, la academia y los residentes participan de manera significativa en la gobernanza de la ciudad y comparten derechos y responsabilidades. Esto implica una cultura de la confianza y un pensamiento crítico. Las ciudades son el nivel de gobierno más cercano a los residentes y donde las prácticas de consulta y participación en la gobernanza, los planes urbanos y los proyectos de desarrollo son más comunes. Aunque las ciudades canadienses no necesariamente tienen planes de gobierno abierto y no son miembros de la Asociación de Gobierno Abierto (OGP), la participación pública es bienvenida, especialmente cuando se trata de datos abiertos, estrategias digitales y comités asesores del consejo.

Las siguientes son herramientas para alentar una participación significativa en la gobernanza de una Ciudad Inteligente Abierta y la cocreación de políticas de ciudades inteligentes:

- a) Participación
 - b) Colaboración
 - c) Sensibilidad
 - d) Pensamiento crítico
 - e) Debate justo y equitativo
 - f) Confianza
 - g) Enfoques inclusivos e informados
- 3) Una Ciudad Inteligente Abierta utiliza datos y tecnologías que se ajustan a su propósito, pueden repararse y consultarse, su código fuente es abierto, se adhiere a estándares tecnológicos abiertos, es interoperable, duradero, seguro y, cuando es posible, localmente adquirido y escalable. Los datos y la tecnología se utilizan y se adquieren de tal manera que se reducen los daños y el sesgo, se aumenta la sostenibilidad y se mejora la flexibilidad. Una Ciudad Inteligente Abierta puede diferir cuando se justifica la toma de decisiones automatizada y, por lo tanto, diseña estos sistemas para que sean legibles, receptivos, adaptables y responsables.

Las Ciudades Inteligentes Abiertas permiten modelos de gobiernos éticos, transparentes, responsables y cooperativos y un compromiso cívico significativo. Algunas de estas propiedades pueden incorporarse en el diseño de tecnologías, procesos y prácticas de datos. Los siguientes son ejemplos de cómo se aplican en términos reales:

- a) Adecuado para el propósito:
Las tecnologías que son adecuadas para su propósito son apropiadas (cumplen con un estándar) según su uso previsto. Por ejemplo, una luminaria pública no debe ser también un instrumento de vigilancia.
- b) Reparado y consultado:
Las tecnologías que se pueden reparar y consultar brindan a los usuarios acceso a las herramientas, diagnósticos, documentación y *software* que se requieren para reparar dispositivos y ver los datos.

- c) Fuente y/o código abierto:
El código abierto se refiere al *software* de computadora con código fuente que está disponible bajo una licencia de código abierto y puede modificarse y reutilizarse sin restricciones o con restricciones mínimas (como especificar la atribución, reutilizar *copyleft*, entre otros). El *software* de código abierto está disponible principalmente de forma gratuita. El código abierto es diferente al *software* que es de uso gratuito, pues aunque no hay costo, el código fuente no es transparente y existen restricciones en términos de modificación o reutilización de ese código fuente.
- d) Estándares tecnológicos abiertos:
Se considera que los estándares tecnológicos abiertos de un Ciudad Inteligente Abierta tienen propiedades que encarnan el bien público. Las características definitorias de los estándares abiertos son:
- Utilizan procedimientos bien definidos que garantizan la participación pública en su creación.
 - Tienen términos de acceso libres que permiten el uso público de tecnologías estandarizadas.
 - Son típicamente independientes del proveedor, flexibles/reutilizables y permiten la interoperabilidad y portabilidad descentralizada de datos a través de sistemas y aplicaciones discretas.
- e) Ciberseguridad y seguridad de datos:
Las Ciudades Inteligentes Abiertas aseguran que las tecnologías e infraestructuras de las ciudades inteligentes estén resguardadas contra ciberataques y que los datos estén protegidos contra el acceso inadecuado. Existen varios marcos y estándares de ciberseguridad para componentes del sistema, arquitecturas y operaciones, e investigaciones sobre protección de datos. Las ciudades pueden obtener la confianza del público garantizando que la información personal esté protegida y, especialmente, cuando son transparentes sobre sus políticas y prácticas de seguridad informática.
- f) Reducción de daños y sesgos:
Reducir el daño y el sesgo significa que los algoritmos y los procesos automatizados no apunten injusta o explícitamente a los servicios o que penalicen a las personas.
- g) Adquisiciones locales y sostenibles:
La adquisición local se refiere a la adquisición, adopción y uso de tecnologías creadas por pequeñas y medianas empresas locales, siempre que sea posible. Las tecnologías adquiridas localmente pueden estar vinculadas estratégicamente con iniciativas del sector público para dar forma y dirigir los tipos de innovación de base. Este tipo de estrategias de adquisición asegura que los grandes monopolios multinacionales no sean los únicos proveedores en la ciudad. Esto puede requerir la reducción de los proyectos, para que las empresas puedan ofertar en partes más pequeñas y, luego, ayudarlos a ampliar, en caso de que el proyecto tenga éxito.
- h) Equilibrio de sostenibilidad:
La apertura de las ciudades inteligentes implica equilibrar la sostenibilidad, al mitigar también la contaminación del medioambiente a través de los desechos electrónicos, y las prácticas laborales insostenibles, a través de procesos de adquisición e iniciativas innovadoras para promover la reutilización de materiales.
- 4) En una Ciudad Inteligente Abierta, la gestión de datos es la norma y la custodia, y el control sobre los datos generados por las tecnologías inteligentes se mantienen y ejercen el interés público. El gobierno de datos incluye soberanía, residencia, apertura por defecto, seguridad, privacidad individual y social, y otorga a las personas autoridad sobre sus datos personales.

- a) **Gestión de datos**
La gestión de datos considera la gestión del ciclo de vida completo de los datos, desde la recopilación hasta la conservación. Esto incluye tecnologías, código fuente, sensores, etc.
 - b) **Custodia de datos y residencia**
La custodia de los datos en este contexto se refiere a garantizar que los datos se transporten de manera segura, se almacenen donde la jurisdicción nacional pueda llegar y que existan reglas comerciales para la gestión y protección adecuadas de los datos. La residencia de datos es una consideración de importancia crítica para Ciudades Inteligentes Abiertas, porque muchas empresas proporcionan computación en la nube para ciudades inteligentes (Google, Microsoft, entre otros) pero almacenan sus datos en servidores fuera del país en donde se ofrecen. Usualmente almacenan datos en los Estados Unidos, donde hay protecciones limitadas contra espionaje y vigilancia por parte del gobierno y donde la ley del país en donde se ofrecen los servicios no se aplica.
 - c) **Abierto por defecto**
Open Knowledge International establece que los datos abiertos y contenidos deben ser utilizados, modificados y compartidos libremente por cualquier persona para cualquier propósito. Abrir por defecto es un principio de la Carta Internacional de Datos Abiertos que cuenta con el respaldo de la Alianza para el Gobierno Abierto (OGP), por el cual los gobiernos deben hacer que los datos que producen sean accesibles al público de manera predeterminada, al tiempo que se adhieren a las políticas, la legislación y las prácticas líderes relacionadas con la privacidad y seguridad de información personal. Muchas ciudades tienen programas de datos abiertos, pero eso no significa que los datos de ciudades inteligentes estén abiertos. Aquí se sugiere que los datos de Ciudad Inteligente Abierta se abran por defecto.
 - d) **Privacidad**
La privacidad se refiere al poder de revelarse selectivamente al mundo. Hay una variedad de tipos de privacidad a considerar, como la identidad, el cuerpo, la ubicación y las comunicaciones. En Canadá, los defensores de una estrategia nacional de datos señalan que se necesita hacer más para implementar leyes de protección de datos y privacidad que se adapten a los casos en que los datos se tratan como un activo económico.
 - e) **Gestión de datos personales**
El control de los datos se refiere a la capacidad de influir en cómo y para qué propósito se utilizan los datos. A menudo se define por los acuerdos que celebran los gobiernos con los proveedores de tecnología. Existen infraestructuras y modelos que enfatizan que las personas pueden acceder y ejercer autoridad sobre sus datos personales.
- 5) En una Ciudad Inteligente Abierta se reconoce que los datos y la tecnología no siempre son la solución a muchos de los problemas sistémicos que enfrentan las ciudades, ni siempre hay soluciones rápidas. Estos problemas requieren procesos y soluciones innovadoras, a veces a largo plazo, sociales, organizativos, económicos y políticos.

Se reconoce que las Ciudades Inteligentes Abiertas son sistemas sociotecnológicos y que la tecnología combinada con la iniciativa y visión humana debería beneficiar y empoderar a las personas y a los movimientos sociales. Estas iniciativas están impulsadas por los valores humanos y los principios de responsabilidad, transparencia, ética, equidad, apertura, derechos humanos e inclusión. Por lo tanto, enfatizamos que la eficiencia y el progreso no deberían ser los impulsores clave para el despliegue de la tecnología de Ciudad Inteligente Abierta. La quinta característica de una Ciudad Inteligente Abierta también reconocería el derecho a desconectarse y el derecho a ser anónimo en una ciudad conectada.

Estándares tecnológicos abiertos

La Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IoT) ofrece diversas aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta, por lo que exige numerosos requisitos. Por ejemplo, se espera que las soluciones basadas en IoT sean de bajo costo y bajo consumo de energía, y tengan alta calidad de servicio (QoS), mayor cobertura, mayor flexibilidad, alta seguridad y privacidad, implementaciones ultradensas e interoperabilidad con múltiples proveedores. En el mundo IoT se pueden encontrar diferentes protocolos y estándares, como se observa en la figura 1.2, que muestra una taxonomía de una Ciudad Inteligente Abierta basada en IoT.

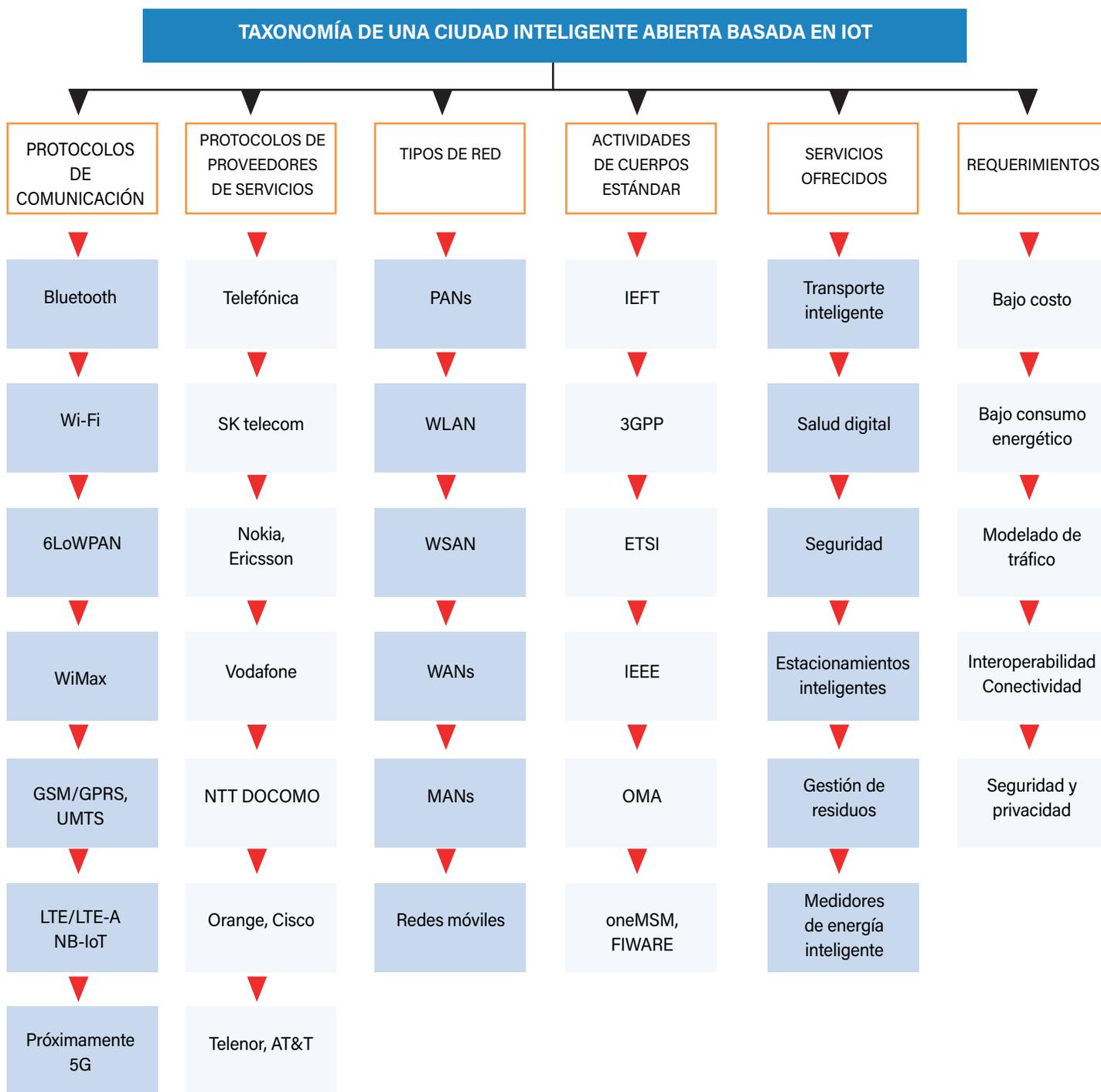


Figura 1.2 Taxonomía de una Ciudad Inteligente Abierta basada en IoT / Fuente: elaboración propia, basado en Mehmood Y., Ahmad F., et. all. (2017).

Las diversas aplicaciones de la Ciudad Inteligente Abierta no solo exigen la implementación a gran escala de numerosos tipos de dispositivos IoT, sino que también requieren la interoperabilidad de los dispositivos. Los órganos internacionales de normalización más prominentes son:

- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- Internet Engineering Task Force (IETF)
- 3rd Generation Partnership Project (3GPP)
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- International Organization for Standardization (ISO)
- OneM2M (Standards for M2M and the Internet of Things)
- Open Mobile Alliance (OMA)

Participación ciudadana

La participación ciudadana es crítica para el éxito de las Ciudades Inteligentes Abiertas, porque empuja a los gobiernos a interactuar con la sociedad civil, el sector privado, la academia, de manera significativa y colaborativa. El papel esencial de los residentes en la construcción de ciudades inteligentes confirma que la noción de “empoderamiento de los ciudadanos” y la “democratización de la innovación” deben integrarse en el concepto de Ciudades Inteligentes Abiertas.

Los residentes tienen la capacidad de identificar prioridades, estrategias y objetivos que pueden influir en una estrategia abierta de Ciudad Inteligente Abierta y deben considerarse actores clave en el centro del proceso de implementación. Según el compromiso cívico en las ciudades inteligentes, la contribución de los residentes se puede entender ampliamente en tres formas:

- 1) Residentes como participantes democráticos: influyen en los procesos de toma de decisiones.
- 2) Residentes como cocreadores: actúan como proveedores de información y conocimiento para proponer mejores soluciones (por ejemplo, *hackatones*).
- 3) Residentes como usuarios: ayudan a recopilar datos utilizando servicios móviles, en línea y otras herramientas tecnológicas para refinar la innovación en ciudades inteligentes.

Al garantizar la apertura en la infraestructura de datos y los procesos de la ciudad, y al permitir el escrutinio público y la gobernanza de estos sistemas, los residentes pueden reclamar cierto control sobre qué datos se recopilan y cómo se utilizarán. Simultáneamente, las ciudades pueden lidiar con problemas más complejos al proporcionar espacio para que las partes interesadas se ocupen de manera más efectiva de problemas y soluciones a corto y largo plazo.

Ecosistema de una Ciudad Inteligente Abierta

Una Ciudad Inteligente Abierta es un ecosistema compuesto por personas, organizaciones y empresas, políticas, leyes y procesos integrados, que busca mejorar la calidad de vida de las personas. Es adaptativa, receptiva y siempre relevante para todos aquellos que viven o trabajan en ella o la visitan. Además, integra tecnología para acelerar, facilitar y transformar este ecosistema.

En la figura 1.3, basada en Chan & Paramel (2018), se presenta un marco referencial de un ecosistema de Ciudad Inteligente Abierta.



Ecosistema de una Ciudad Inteligente Abierta

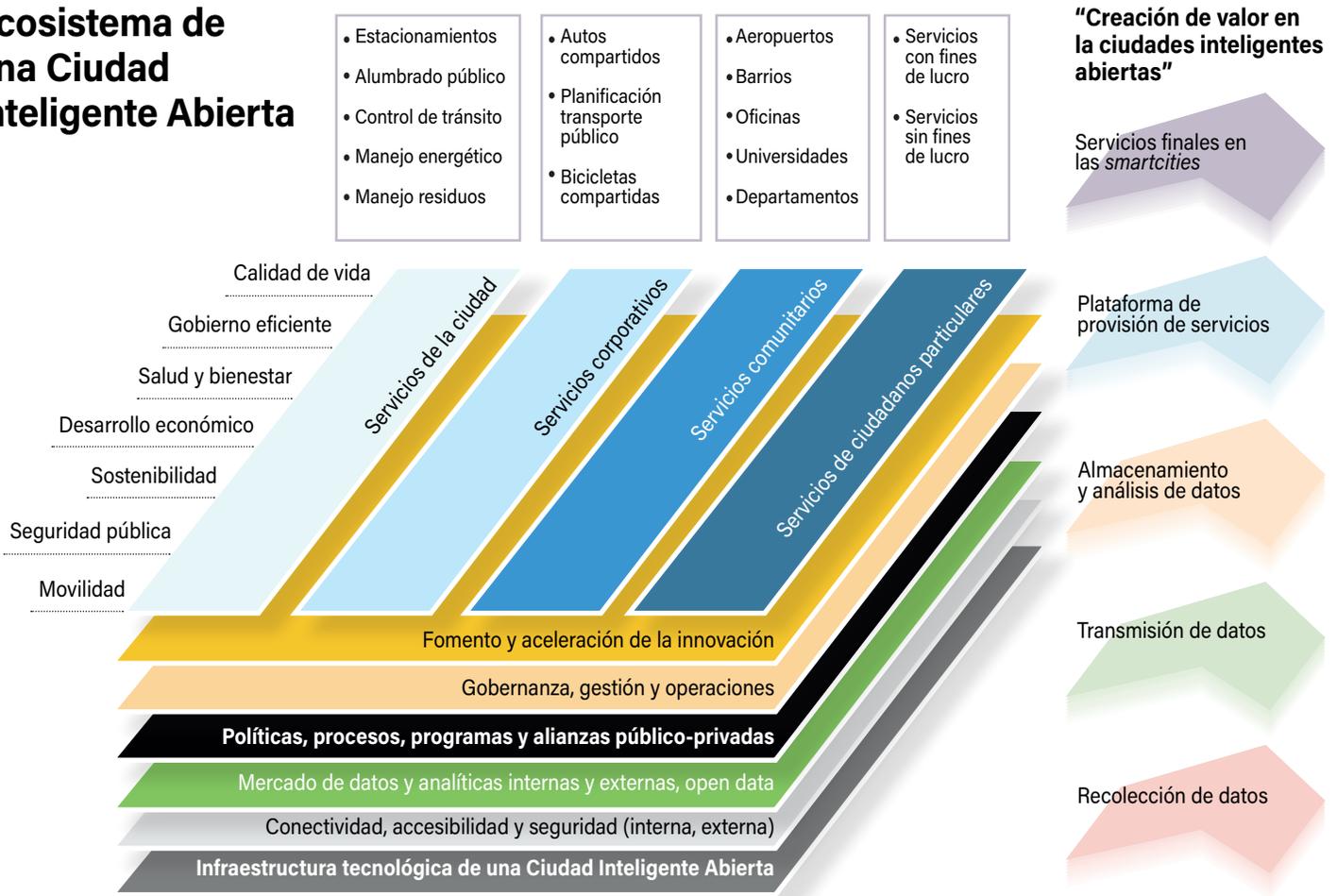


Figura 1.3 Modelo conceptual de un ecosistema de Ciudad Inteligente Abierta / Fuente: elaboración propia, basada en Chan & Paramel (2018).

Muchas veces se piensa que, en el ecosistema de una Ciudad Inteligente Abierta, servicios como estacionamientos inteligentes, gestión de residuos inteligentes o gestión hídrica inteligente deben ser prestados por los ministerios, gobiernos regionales o locales u otras organizaciones gubernamentales. Sin embargo, hay otros proveedores y usuarios de valor que coexisten en la ciudad y que crean valor, como las empresas, organizaciones, comunidades y ciudadanos.

En efecto, las empresas pueden crear servicios que usan y crean información para ofrecer valor agregado a sus partes interesadas. Por ejemplo: Uber y Cabify, para la movilidad urbana; Sosafe, para seguridad ciudadana, y Waze, para planificar los viajes.

Las comunidades pueden ser pequeñas ciudades inteligentes, pero con necesidades diversas muy localizadas, que tienen necesidades de servicios inteligentes y crean soluciones para sus partes interesadas. Aquí se cuentan, por ejemplo, los campus universitarios (Universidad de Santiago de Chile, con 32 hectáreas y una comunidad de 25.000 personas), puertos, aeropuertos, centros comerciales, condominios hasta edificios inteligentes.

Los ciudadanos individuales también son proveedores de servicios inteligentes en la Ciudad Inteligente Abierta. Por ejemplo, un vecino puede instalar en su casa un sensor para monitorear la contaminación atmosférica y transmitir esta información en su página Web a otros miembros de la comunidad. En otras situaciones puede cocrear un servicio. Un ejemplo es la aplicación Vecino Activo, de la I. Municipalidad de Las Condes, que sirve para registrar problemas que detecten los vecinos en las calles (como baches), hacerles seguimiento y ver las soluciones. La participación de los ciudadanos en estos servicios puede ser permanente o temporal, con pago o gratuito.

Una Ciudad Inteligente Abierta está compuesta por múltiples sistemas o capas que se superponen. Cada una de esas capas cumple un rol diferente y debe integrarse y coordinarse con el resto para dar como resultado una mejor calidad para los ciudadanos. A continuación, describiremos cada una de las capas:

- a) Capa de valor: es la capa de mayor visibilidad para todos, es decir, vecinos, empresas, organizaciones, turistas o visitantes de la ciudad y otros. Normalmente se encuentra en los catálogos de servicios de las páginas web de los municipios u otras instituciones públicas o privadas que ofrecen los servicios y son consumidos por las partes interesadas de la ciudad.
- b) Capa de la innovación: en esta capa los creadores de valor en la Ciudad Inteligente Abierta deben innovar y actualizar continuamente sus servicios para sus partes interesadas. Para ello, las organizaciones públicas y las privadas deben ser proactivas y generar una variedad de programas de innovación, que incluya zonas de innovación, laboratorios, coworking, talleres, startups, capacitaciones, etc., en alianzas con empresas, organizaciones e instituciones de Educación Superior. Claro ejemplo del desarrollo de esta capa es Israel, con un gran número de startups orientadas a la creación de aplicaciones para ciudades inteligentes, creando un ecosistema de innovación en conjunto con universidades, empresas y gobiernos locales.
- c) Capa de gobierno y gestión de operaciones: las ciudades inteligentes deben crear una disrupción de los actuales servicios de ciudad para mejorar y renovar los servicios mediante la transformación digital de la mayoría de sus procesos. Deben fomentar la creación de nuevos modelos negocios, así como actualizar sus infraestructuras existentes y los procesos de gestión para que puedan soportar los nuevos servicios digitales inteligentes. Es importante señalar que los desempeños deben medirse mediante indicadores de rendimientos.
- d) Capa de políticas, procesos y asociaciones público-privadas, y financiamiento: las ciudades inteligentes requieren un conjunto completamente nuevo de modelos de participación, reglas, fuentes de financiamiento y socios para construir, operar y mantenerla.
- e) Capa de información y datos: en una sociedad digital, la riqueza está en los datos y el elemento clave en la Ciudad Inteligente Abierta es la información. En particular en una Ciudad Inteligente Abierta, los datos deben ser abiertos y estar disponibles para todos los ciudadanos, al igual que los marketplace de datos y servicios de análisis de los mismos. Es importante en este punto la existencia de leyes asociadas a la privacidad de los datos personales en territorios o zonas inteligentes en las ciudades.
- f) Capa de conectividad, accesibilidad y de seguridad: en una Ciudad Inteligente Abierta, las personas, los objetos y los sistemas están interconectados. En esta capa, los tres debieran poder conectarse entre sí, sin mayores inconvenientes. Se debe gestionar y verificar quién y qué está conectado y compartido y, al mismo tiempo, proteger la información y los usuarios. Las prioridades más altas para las Ciudades Inteligentes Abiertas son proporcionar una capa transparente de conexiones confiables y seguras.
- g) Capa de infraestructura de tecnología de Ciudad Inteligente Abierta: la infraestructura tecnológica de la Ciudad Inteligente Abierta debe escalar más allá de los municipios; debe incorporar a los gobiernos regionales, organismos públicos y privados, de tal manera que actúen coordinadamente para que no se produzca una segmentación e inequidad territorial. En esta capa debe existir una regulación con políticas, normas y procedimientos que generen sinergias colaborativas entre municipios, empresa proveedoras de tecnologías y organismos públicos. Esto ayudará finalmente al uso de estándares de protocolos abiertos en las telecomunicaciones para lograr una interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnologías y actores para lograr un territorio inteligente más homogéneo.

Entre las iniciativas actuales más importantes que están impulsando la creación de Ciudades Inteligentes Abiertas y de un mercado de respuesta a las necesidades de las ciudades y comunidades, se destacan:

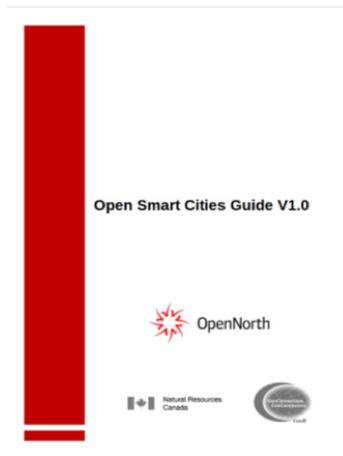
- **Open North** (<https://www.opennorth.ca/>)

Comenzó como una pequeña organización sin fines de lucro con sede en Montreal y con experiencia en datos abiertos y tecnología cívica. Hoy en día, su equipo interdisciplinario en crecimiento lidera las asociaciones nacionales e internacionales de múltiples partes interesadas en la implementación de enfoques y soluciones basados en valores que hacen más que simplemente utilizar datos e infraestructura en red para tomar decisiones. Entre sus publicaciones destacan tres que son utilizadas como referencias para el concepto de Ciudad Inteligente Abierta:



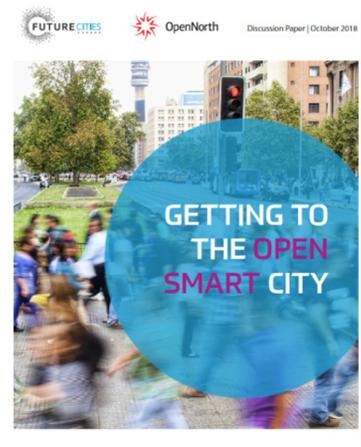
The State of Open Smart Communities

Informe que resume los resultados preliminares del Servicio de Asesoría de Community Solutions Network, dirigido por Open North. Proporciona los resultados de varias etapas de recopilación de datos e investigación sobre Ciudades Inteligentes Abiertas en Canadá. Los hallazgos preliminares se estructuran en torno a cuatro áreas temáticas o de dominio: inclusión, gobernanza de datos, adquisiciones y toma de decisiones automatizadas e inteligencia artificial.



Open Smart City Guide

Esta guía proporciona una primera definición para una Ciudad Inteligente Abierta y está pensada como un kit de inicio para los interesados de la ciudad y los tomadores de decisiones.



Getting to the Open Smart City

Este documento articula principios básicos para diseñar Ciudades Inteligentes Abiertas (centrado en el usuario, abierto por defecto, impulsado por la tecnología, optimización de recursos, responsable y transparente, participativo, inclusivo, resiliente y adaptable) y se sumerge en estudios de casos que ilustran cómo funcionan, en la práctica, estos principios.

- **Future Cities** (<https://futurecitiescanada.ca/>)

Es una plataforma de colaboración que reúne a personas, ideas, plataformas e innovaciones de todos los sectores para abordar dos de los problemas más apremiantes de nuestro tiempo: la desigualdad y el cambio climático, y los consecuentes desafíos que enfrentan las ciudades.

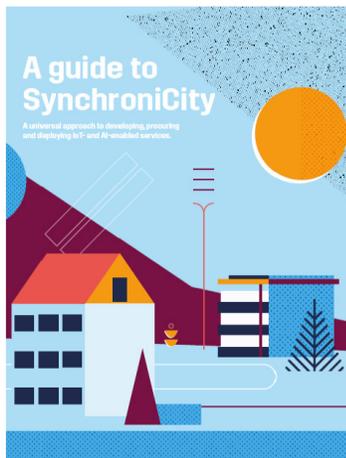


- **Open and Agile Smart Cities (<https://oascities.org/>)**

Es una red internacional sin fines de lucro que aglutina Ciudades Inteligentes Abiertas y cuyo objetivo principal es crear y dar forma a un mercado global de datos y servicios de Ciudades Inteligentes Abiertas. Está impulsada por la implementación y enfocada en plataformas abiertas y participación ciudadana. Ya ha conectado a más de 140 ciudades inteligentes organizadas globalmente en redes nacionales de 27 países y regiones. También busca establecer los mecanismos mínimos de interoperabilidad (MIMs) necesarios para crear un mercado de Ciudades Inteligentes Abiertas.

Los MIMs son mecanismos simples y transparentes, listos para usar en cualquier ciudad, independientemente de su tamaño o capacidad. Al implementarlos, las ciudades aumentan la velocidad y la apertura de la innovación y el desarrollo, al tiempo que disminuyen los costos y la ineficiencia. En esencia, los MIMs permiten a las ciudades participar en la transformación digital global. En la práctica, los MIMs de Open & Agile Smart Cities son un conjunto de API's (*Application Program Interface*) comunes para acceder a datos e información de contexto, lo que permite darles estructura a través de una plataforma de datos común, pero opcional, para almacenar y servir datos abiertos. Además, una arquitectura y una implementación de referencia completan el conjunto de MIMs de OASC.

Los MIMs de OASC son un conjunto evolutivo de mecanismos técnicos seleccionados a partir de una línea de base de mejores prácticas globales, impulsados por la implementación en las ciudades miembros de la red, y alimentando actividades de estandarización como ETSI, ISO e ITU.



(4) La guía de SynchroniCity

Ofrece apoyo para sentar las bases de una transformación digital sostenible, validada por las 21 ciudades de SynchroniCity en toda Europa y adoptada por las más de 150 ciudades miembros de la red Open & Agile Ciudades Inteligentes (OASC).

- **SynchroniCity (<https://synchronicity-iot.eu/>)**

Es un proyecto del programa Horizonte 2020 de la Unión Europea, cofundado con la Confederación Suiza y con la República de Corea del Sur.

Se formó a partir de la OASC, como una red global de ciudades y comunidades con la ambición de mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos a través de la innovación y la tecnología. Busca definir la base técnica común mínima necesaria, en un mercado global, para servicios habilitados para IoT en ciudades y comunidades.

Tiene una guía (*A guide to synchroniCity*) dirigida hacia la implementación, que presenta en primer lugar el concepto de mecanismos de interoperabilidad mínima (MIM) de la OASC para permitir la interoperabilidad, luego reflexiona sobre el proyecto SynchroniCity y brinda orientación sobre cómo todos, desde las ciudades hasta los proveedores de tecnología, pueden adoptar MIMs y llevar el movimiento hacia adelante.

La interoperabilidad y el uso ético de los datos juegan papeles clave para una transformación digital sostenible y escalable de ciudades y comunidades. Al proporcionar la información más crucial sobre la interoperabilidad, la guía permite a las administraciones públicas comenzar a explorar y a establecer los términos y condiciones para los servicios digitales habilitados para IoT y AI.



- **FIWARE (<https://www.fiware.org/community/smart-cities/>)**

Es una comunidad abierta e independiente cuyos miembros se comprometen a materializar la misión Fiware, es decir: "construir un ecosistema abierto y sostenible alrededor de estándares de plataforma de *software* públicos, libres de regalías e impulsados por la implementación, que faciliten el desarrollo de nuevas aplicaciones inteligentes en múltiples sectores".

Fiware es un conjunto de componentes (APIs) de código abierto orientado a acelerar el desarrollo de soluciones para Ciudades Inteligentes Abiertas.

Arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta

En este capítulo se revisarán los siguientes puntos:

- **Ciudades conectadas**
- **Características de una arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Requisitos de una arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Soporte de la seguridad informática**
- **Redes de comunicaciones abiertas de alta velocidad**
- **Redes de comunicaciones abiertas de baja potencia**
- **Regulaciones y normas técnicas de la Subtel para equipos de alcance reducido**
- **Internet de las cosas para implementar Ciudades Inteligentes Abiertas**
- **Sensores inteligentes**
- **Capas de sensores y dispositivos conectados**
- **Capa de interconectividad**
- **Capa de centros integrados de operación y control**
- **Capa de aplicación e interfaces de comunicación**
- **Gestión y ciberseguridad**

Ciudades conectadas

Conceptualmente, una ciudad conectada integra toda la información generada por los servicios municipales en una plataforma horizontal abierta, estándar e interoperable.

Esta plataforma de ciudad debe cubrir, al menos, los siguientes tres aspectos:

- Integrar todas las fuentes de información de la ciudad, permitiendo interrelacionar toda la información de los distintos sistemas mediante un lenguaje común a todos ellos.
- Proporcionar una visión unificada y conjunta de la ciudad que ayude a la toma de decisiones por parte de los gestores.
- Asegurar los niveles máximos de seguridad, ya que el nivel de tecnología existente se multiplica y es necesario garantizar la integridad y la seguridad de la información existente en todos los eslabones de la cadena (sensores, redes de conexión, sistemas externos, plataforma de ciudad, aplicaciones y el usuario final).

Características de una arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta

La arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta provee información sobre las distintas plataformas de soporte que dan servicios a la implementación de soluciones inteligentes, y permite compartir recursos, capacidad de análisis y coordinar servicios, basándose en análisis predictivos. La información proveniente de todas las fuentes podrá ser utilizada para proporcionar servicios específicos, no limitándose estos a obtener la información de sus propios sensores. Se conoce como horizontalidad, concepto que es fundamental en la forma de concebir la Ciudad Inteligente Abierta.

De allí surge la necesidad de incorporar otro concepto, la interoperabilidad, que básicamente consiste en establecer un modelo de estructura de capas que permita la integración de diferentes sistemas, a través de mecanismos de intercambio de datos y funcionalidad abiertos y estandarizados.

Es importante tener en cuenta que los mecanismos de intercambio de información y operación transversal de la Ciudad Inteligente Abierta deben dar respuesta a las siguientes necesidades:

- El conocimiento en tiempo real del estado de la ciudad.
- La coordinación y puesta a disposición de la información disponible por parte de los gestores de los servicios de mantenimiento de la ciudad.
- La gestión dinámica de las actividades de acuerdo con datos actuales, recursos disponibles y niveles objetivos de calidad de los servicios.
- El establecimiento de los canales de interacción con el gobierno de la ciudad y con los ciudadanos a través de subsistemas específicos que establezcan flujos bidireccionales de información.

Resulta clave para la implementación de una arquitectura de ciudad inteligente el desarrollo de infraestructura de comunicaciones basadas en estándares abiertos, como son las redes de Internet de las Cosas (IoT, por su sigla en inglés) que interoperan con las redes de alta y baja velocidades y celulares ya desplegadas en las ciudades.

La arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente se constituye como elemento fundamental, ya que es la que articula las funcionalidades de esta. Así, hacemos que su evolución contribuya a consolidarse como el backbone de la ciudad. Lo anterior permite integrar los sistemas verticales ya existentes y futuros que atienden las necesidades de las ciudades (movilidad, ambiental, gobierno, personas) en un sistema único transversal de ciudad que constituya una verdadera ciudad inteligente, al funcionar como un todo.

Los objetivos principales de una arquitectura de Ciudad Inteligente Abierta son:

- Recoger la información de la ciudad, ciudadanos y empresas, cumpliendo los requisitos de privacidad que fueran pertinentes.
- Distribuir la información, para que pueda ser procesada por los responsables de los diferentes servicios municipales (gestión de residuos, seguridad ambiental, aparcamiento de movیلidades, tráfico y transporte público, gestión de emergencias y orden público, medidores inteligentes de: agua, gas, electricidad, entre otros).
- Analizar la información según los criterios definidos.
- Tomar decisiones devolviendo la información refinada a los sistemas encargados de ejecutar las distintas acciones.
- Exponer datos y capacidades a desarrolladores para facilitar la creación de un ecosistema de aplicaciones sobre la plataforma, que cree un valor adicional para el ciudadano.

Es fundamental que los servicios de la ciudad estén soportados por una arquitectura que asegure el correcto funcionamiento de estos, además de su eficiencia, rendimiento, seguridad y escalabilidad, permitiendo la integración de las aplicaciones y servicios de la ciudad.

La arquitectura de una Ciudad Inteligente Abierta debe dotarla de capacidad para:

- Gestionar sus infraestructuras.
- Tomar decisiones sobre la base de la información que recibe y procesa.
- Coordinar los servicios (emergencias, agencias, concesiones, servicios, operadores, etc.).
- Controlar la calidad de servicios municipales y públicos.
- Difundir la información a los ciudadanos.
- Propiciar la reutilización de aplicaciones, de la infraestructura de sensores y redes y la conexión entre las plataformas.
- Permitir la interconexión entre los distintos verticales.
- Permitir la conexión con otras plataformas.
- Proporcionar interfaces de referencia para el acceso de terceros, cumpliendo requisitos de seguridad.

A manera de referencia y para mayor ilustración, el alumbrado público como infraestructura habilitante para desarrollar las ciudades inteligentes está siendo implementado en ciudades como Londres, París, Washington DC, Melbourne, Auckland, Copenhague, Dubái, Glasgow, Dublín, Calcuta, Oslo, Singapur, Cambodia, Sao Paulo, Ciudad de México, Denver, Miami, Baltimore, Chicago, San Francisco, San José, Crossmolina, Bristol, Gijón, Santander, Barcelona, Massagno, Bellinzona, Siracusa, Zengcheng Guangzhou, entre otras (BID, 2016).

La arquitectura de la Ciudad Inteligente Abierta debe proporcionar un repositorio completo y actualizable de la información de la ciudad. Es específico, debería:

- Albergar un catálogo común, universal, mantenido, accesible y clasificado de datos únicos y normalizados de la ciudad, incluyendo los activos de esta (el mantenimiento seguirá siendo responsabilidad de los sistemas de gestión que los generan).

Requisitos de una arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta

- Permitir visiones analíticas transversales de la ciudad a partir de estos datos.
- Facilitar y universalizar la integración de datos y las soluciones existentes (*legacy*) en la ciudad
- Proporcionar interfaces abiertas para el desarrollo de aplicaciones inteligentes basadas en los datos de la ciudad.
- Garantizar la seguridad y la integridad de los datos, así como proteger la información sensible de los usuarios.

Gestión de las infraestructuras

La plataforma soporta monitorización y operación centralizada, segura y multiusuario sobre los diferentes recursos, elementos o sistemas de una ciudad:

- Acceso a los datos de plataformas de sensores, bases de datos y a información de otras aplicaciones.
- Actuaciones sobre actuadores (sensores), a través de soluciones estandarizadas.
- Registro de las diferentes actividades que se desarrollan en el sistema.
- Gestión del mantenimiento de equipos e infraestructuras.
- Soporte de protocolos estándar de monitorización como SNMP (*Simple Network Management Protocol* - Protocolo Simple de Administración de Red) o JMX (*Java Management eXtensions* - Extensiones de Gestión de Java).
- Integración con otros sistemas y aplicaciones.

Comunicación entre sistemas

La arquitectura de la Ciudad Inteligente Abierta debe permitir la comunicación con los diferentes sistemas susceptibles de ser integrados en la ciudad. Este tipo de arquitectura debería:

- Proveer las interfaces necesarias para que eventos de un sistema puedan desencadenar acciones en otros sistemas.
- Usar interfaces de programación de aplicaciones (API's - Application Programming Interface) y protocolos normalizados para comunicaciones, como entre aplicaciones y con otras plataformas o sistemas de gestión.
- Tener la capacidad de extenderse para soportar otros protocolos de comunicación, como comunicaciones entre sistemas que permitan la ejecución de funciones.

Control de procesos

La arquitectura de una Ciudad Inteligente Abierta debe permitir el control de la ejecución de los siguientes procesos, ya sean internos o externos:

- Análisis de consumos, alarmas, tendencias, etc.
- Imputación de costos.
- Sostenibilidad (uso eficiente de las instalaciones, emisiones, etc.).
- Optimización de procesos y planificación.
- Control de calidad de servicios públicos por terceros.
- Sala de crisis.

Además, debería soportar la generación de informes de explotación.

Soporte a la decisión

La arquitectura de una Ciudad Inteligente Abierta debe dar soporte a la toma de decisiones y disponer de herramientas o sistemas DSS (*Decision Support System*) que permitan mejorar la resiliencia de la ciudad y la toma de decisiones, como puedan ser:

- Simulación sobre la base de la información actual e histórica.
- Valoración y ejecución de planes de actuación, en escenarios complejos.
- Análisis predictivo y modelado de ciudad.
- Minería de datos, el análisis estadístico y aprendizaje automático (*machine learning*).
- Integración con otros sistemas y herramientas de Business intelligence (BI) o *BigData*.

Difusión de información pública en tiempo real

La arquitectura de una Ciudad Inteligente Abierta debe permitir transmitir la información de forma abierta, fidedigna y de calidad, continua y sin interrupciones, en formato estándar para permitir el acceso a ella desde múltiples dispositivos. Esta información aplica a escenarios como:

- Servicios finales para el ciudadano (sociedad de la información).
- Aplicaciones de terceros (open data).
- Otros servicios públicos y administraciones.
- Rendición de cuentas (transparencia).

Tolerancia a fallas

La arquitectura de una Ciudad Inteligente Abierta debe:

- Garantizar la continuidad operativa de los servicios de acuerdo con los niveles de servicios contratados (Service Level Agreements - SLA's). Estos servicios podrían requerir disponibilidad 24x7, con un nivel de *uptime* o servicio superior al 99,9% anual, y se incluirán en las métricas. El proveedor deberá ofrecer soluciones que garanticen funcionamiento ante cualquier incidente o emergencia.
- Garantizar la recuperación en caso de desastres con un RTO (Objetivo de Tiempo de Recuperación) y un RPO (Objetivo de Punto de Recuperación) limitados, que se valorarán en las métricas.

Soporte de la seguridad informática. Aspectos generales

La arquitectura de una Ciudad Inteligente Abierta debe disponer de indicadores apropiados para garantizar la seguridad de la información. Para ello, debería implementar herramientas o sistemas que permitan:

- Definir y gestionar políticas de seguridad.
- Realizar copias de seguridad de información crítica.
- Garantizar el no repudio en la red de seguridad.
- Soportar la anonimización de los datos.
- Garantizar la seguridad y la integridad de los datos.
- Soportar autenticación y autorización.
- Controlar el acceso a la plataforma y a todos los elementos a los que se acceda a través de esta: sensores, redes IoT, sistemas de supervisión como *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA), centros de control, bases de datos y aplicaciones a las que se acceda a través de ella.
- Asegurar la confidencialidad en las comunicaciones con la Plataforma de Ciudad Inteligente Abierta.
- Garantizar confidencialidad en el acceso a los datos, de modo que cada rol solo pueda ver los datos a los que tiene acceso.
- Proveer un módulo central y de fácil acceso (vía Web) para la administración de los usuarios, roles y permisos.
- Integrar repositorios de usuarios ya existentes, como registros de autoridades locales u otras bases de datos de usuarios.
- Tener capacidad de extenderse para adaptar los mecanismos de seguridad a las necesidades propias de cada ciudad.

Ciberseguridad

La arquitectura de una Ciudad Inteligente Abierta debe asegurar la privacidad y seguridad de los datos almacenados o gestionados por la solución y la protección de la infraestructura computacional, especialmente en un entorno compartido de recursos (PaaS: Plataforma como Servicio) y en la información contenida en los sistemas y la que está circulando por la Red. Asimismo, se debe poder definir distintos perfiles de acceso a los diferentes tipos/grupos de datos, que eviten un uso inadecuado de los mismos.

Junto con lo anterior, debe garantizar el envío y recepción segura de datos desde y hacia los dispositivos conectados a ella, así como su distribución segura a los aplicativos que los requirieran. Como mínimo debe implementar la autenticación de los elementos que originan los datos y de los aplicativos que requieran acceso a dichos datos.

Asimismo, debe permitir definir diferentes roles y niveles de acceso sobre los datos, funcionalidades y servicios de la plataforma, autorizar o denegar el acceso a los distintos aplicativos y definir los privilegios requeridos para actuar sobre un determinado conjunto de datos.

Los usuarios pueden ser individuos o aplicaciones que consuman servicios o información.

La gestión de roles/permisos debería establecerse como mínimo respecto a tres niveles de seguridad:

- Acceso a los datos: limitar la información que puede visualizar cada usuario.
- Acceso a los elementos de la plataforma de Ciudad Inteligente Abierta: limitar el acceso a los informes y cuadros de mando configurados en la plataforma.
- Funcionalidad: delimitar las acciones que puede realizar un determinado usuario en función de su perfil.

Redes de comunicaciones abiertas de alta velocidad

Las redes de interconexión para transferir la información entre los distintos municipios y la interconectividad de las redes IoT dentro del municipio deberán utilizar distintos proveedores de servicios de Internet y comunicación celular, que ofrezcan una alta cobertura y transferencia de alta calidad de datos. 3G ofrece hasta 4.26 Mbps y en 4G es posible lograr en Chile hasta 27.3Mbps. En Chile, la tecnología celular opera tanto en baja como en alta frecuencia, sobre bandas reguladas por la Subtel:

- LTE 4G: 700 MHz (Entel, Movistar y Claro).
- 850 MHz (donde Movistar y Claro tienen hoy 2G, 3G Y 3.5 G en Chile).
- GSM-1800, DCS (Digital Cellular Service): 1710 a 1785 MHz, 1805 a 1880 MHz.
- GSM-1900, PCS 1900: 1900 MHz, donde Movistar, Entel y Claro tienen 2G, 3G y 3.5G hoy en Chile.
- Banda AWS (*Advanced Wireless Services*): 2.1 GHz, donde WOM y VTR móvil tienen 2G, 3G, 3.5G y 4G.
- LTE 4G: 2.6 GHz (Claro).

El 25 de febrero del año recién pasado, el Gobierno Chileno anunció una licitación de espectro para el desarrollo de la telefonía celular 5G, lo que permitirá tener una diversidad de ventajas con las generaciones 2G, 3G Y 4G.

El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de la Subtel y en el marco del *Mobile World Congress (MWC19)* anunció que dará inicio al proceso de licitación para la futura red 5G, disponibilizando 60 MHz de espectro a nivel nacional entre las bandas de 700 MHz y 3.500 MHz (3.5 GHz).

Redes de comunicaciones abiertas de baja potencia

Hay una serie de tecnologías y proveedores que compiten en el espacio IoT para sensorización en aplicaciones de Ciudad Inteligente Abierta, entre las cuales se destacan las redes de baja potencia normalizadas con estándares abiertos. Estas son: 6LoWPAN, IEEE 802.15.4g, Bluetooth/BLE v.5.0, DSRC, NB-IoT, Open Source Wireless Sub-GHz Mesh, Wi-Fi 802.11n, Wi-Fi 802.11p WAVE, Wi-Fi 802.11ah HaLow, Wireless HART, Wi-SUN, Weightless.

Los estándares mencionados permiten desplegar redes de comunicaciones abiertas IoT de baja potencia en bandas de radiofrecuencia Sub-1 GHz no licenciadas, porque presentan ciertas ventajas, como:

- Cobertura: las ondas de radio de frecuencia más baja se propagan mejor que las de frecuencias más altas; por lo tanto, pueden alcanzar una mayor cobertura, especialmente dentro de edificios.
- Bajo consumo eléctrico: para la misma señal salida en potencia, un transceptor Sub-1 GHz requiere una menor potencia en comparación con el espectro de 2.4GHz, por ejemplo.

- Interferencia: hay menos aplicaciones operando en frecuencias Sub-1 GHz y es posible operar en bandas compartidas no licenciadas conforme las regulaciones de Subtel en la materia.

Las soluciones de Sub-1 GHz se utilizan en el desarrollo de infraestructuras habilitantes de Ciudades Inteligentes Abiertas que brindan conectividad a dispositivos IoT de alcance reducido, como son los controladores inalámbricos de luminarias públicas inteligentes, que forman parte de una red ubicua en un territorio determinado. En la figura 2.1 se muestran diversas aplicaciones para una Ciudad Inteligente Abierta.

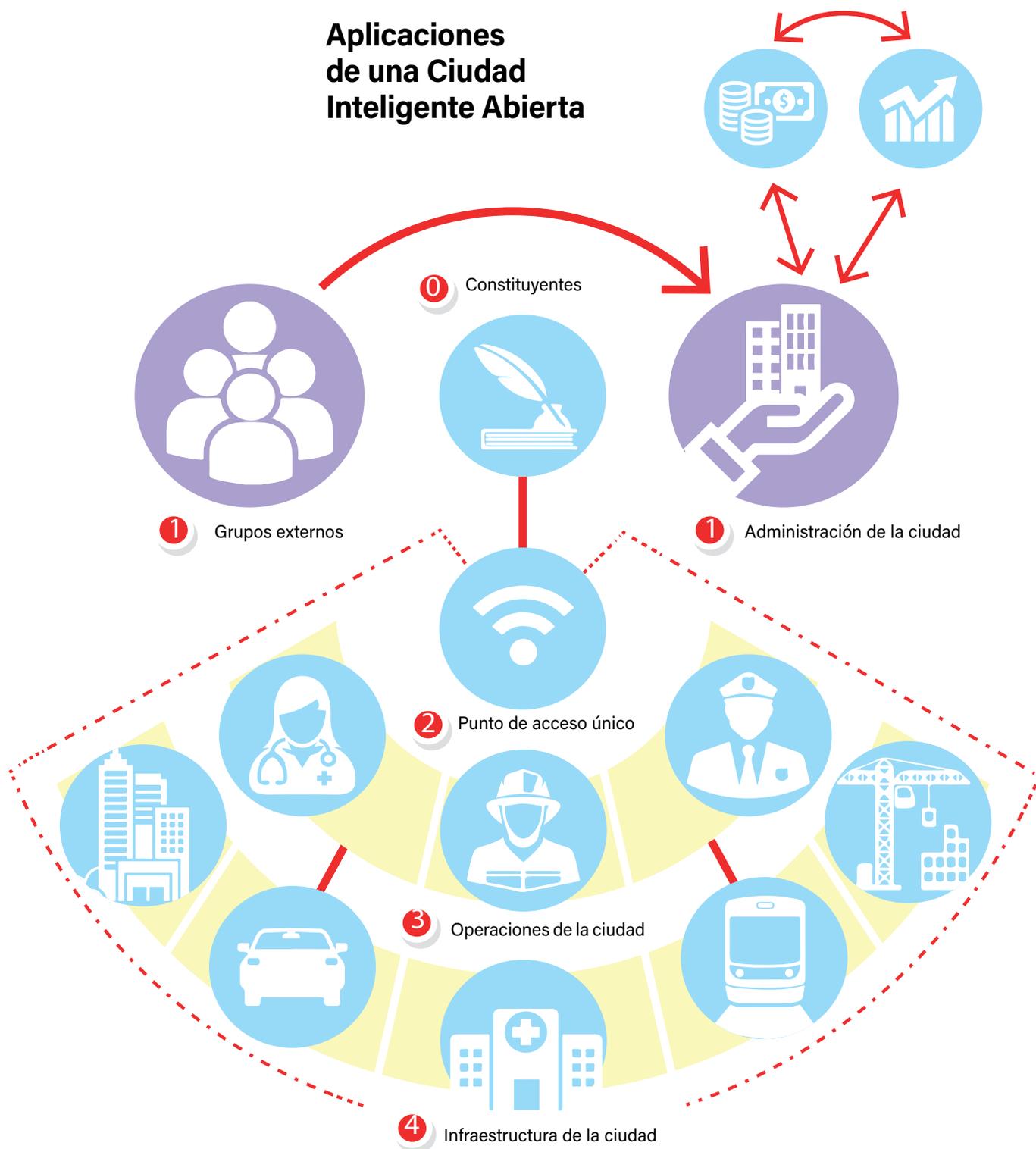


Figura 2.1 Aplicaciones de una Ciudad Inteligente Abierta
Fuente: elaboración propia, basada en Industrial Control Designline. (2013).

Regulaciones y normas técnicas de la Subtel para equipos de alcance reducido

Las redes de baja potencia 6LoWPAN pueden operar, en principio, sin limitaciones en el número de nodos conectados simultáneamente, los cuales pueden ser monitoreados y controlados en forma remota, y sus datos pueden utilizarse para la gestión de los sistemas de Ciudad Inteligente Abierta, tráfico, telemetría, lectura de medidores inteligentes de electricidad, gas y agua, entre otros.

Dentro de las regulaciones y normas técnicas que aplican a la implementación de redes IoT de baja potencia en espacio público para operar en frecuencias no licenciadas Sub-1 GHz es necesario observar lo dispuesto en los numerales j.3 y j.4 de la Resolución Exenta de la Subtel (2018), N° 1.985 de fecha 17 de octubre de 2017, modificada el 31 de julio de 2018, que fija norma técnica de equipos de alcance reducido:

j.3) Operen, en la banda de 915 a 928 MHz, con una potencia máxima radiada de 500 mW con técnicas como: espectro ensanchado con secuencia directa o con saltos de frecuencia, monitoreo previo, selección dinámica de canales u otras técnicas de modulación digital que permitan compartir frecuencias.

j.4) Operen, en las bandas de 913 a 919 y 925 a 928 MHz, con una potencia máxima radiada de 1 W con técnicas como: espectro ensanchado con secuencia directa o con saltos de frecuencia, monitoreo previo, selección dinámica de canales u otras técnicas de modulación digital que permitan compartir frecuencias.

Internet de las Cosas para implementar Ciudades Inteligentes Abiertas

La tecnología para implementar una arquitectura tecnológica de una Ciudad Inteligente Abierta debe ser modular, expandible, con estándares abiertos de amplia adopción, que puedan ser combinadas con otras plataformas y conectadas con la población por medio de aplicaciones de fácil uso. Los municipios y las ciudades se pueden beneficiar de una infraestructura de conectividad Internet de las Cosas (IoT) que habilite el desarrollo de soluciones inteligentes en forma ubicua. En la figura 2.2 se observan las tecnologías y estandarización de protocolos IoT aplicados a ciudades inteligentes.

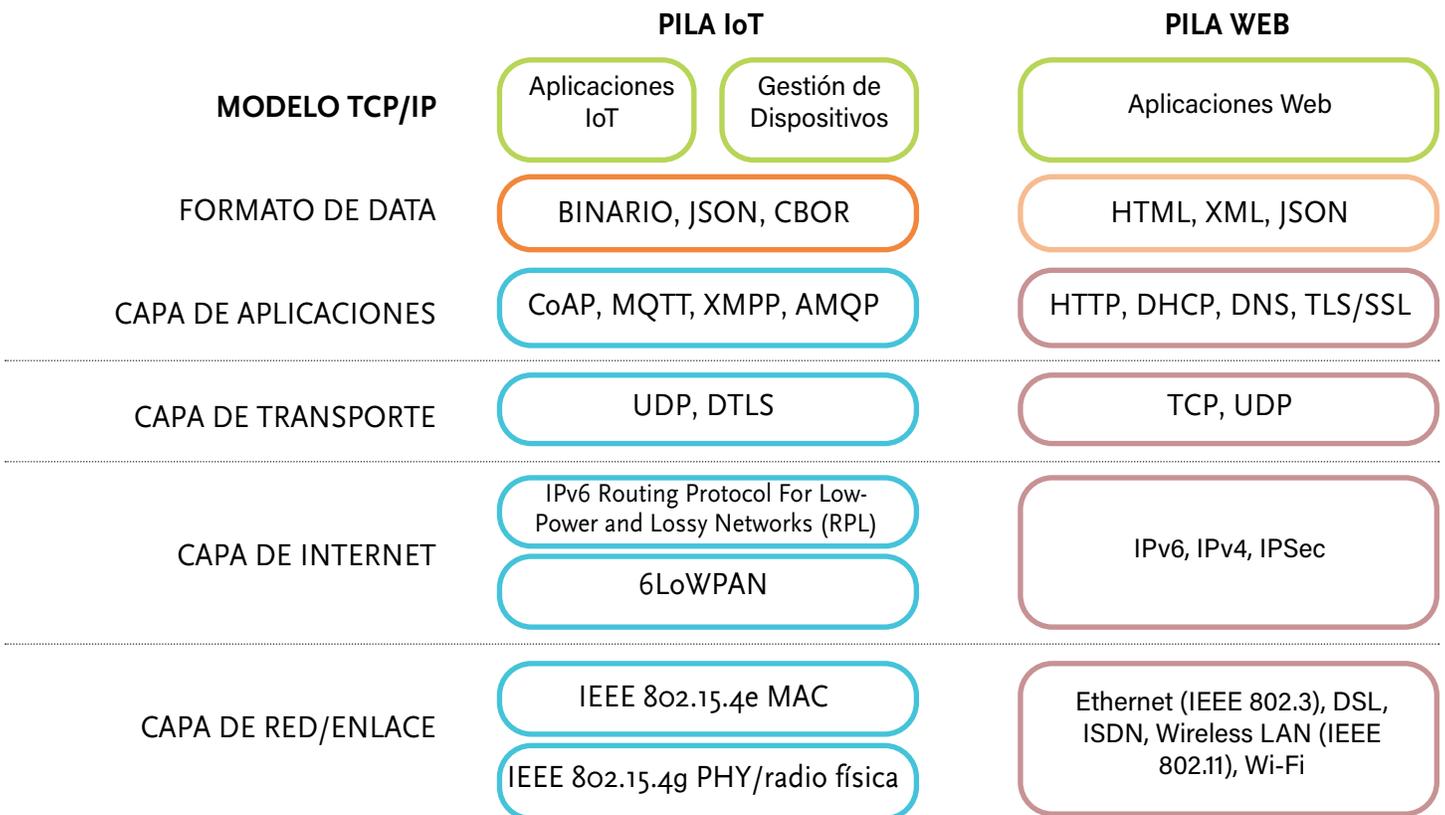


Figura2.2 Estandarización de Protocolos IoT basada en Tech (2018).



Dentro de las tecnologías de red IoT existe el protocolo IPv6, sobre el cual se han desarrollado tecnologías que pueden operar en las bandas de radiofrecuencia no concesionadas y que están disponibles para uso compartido. Esto significa que estas frecuencias pueden ser utilizadas por entidades distintas a los actuales operadores de telecomunicaciones, sin tener que solicitar asignación de uso de frecuencias a la entidad reguladora.

Una infraestructura de red IoT desarrollada sobre protocolos IPv6 está mucho más madura que otras alternativas basadas en protocolos propietarios, ya que se beneficia con la robustez y el desarrollo que ha tenido la Internet y el protocolo IP desde hace más de 30 años. Las redes IoT IPv6 (conocido como IoT 6) ya cuentan con operación exitosa en varios países.

Como desventaja se puede señalar que este tipo de redes deben implementarse desde cero, llevando a cabo la instalación de pequeñas antenas de bajo alcance y baja potencia (low power), similar al despliegue de puntos de acceso Wi-Fi en el espacio público.

El protocolo IPv6 es tremendamente atractivo, debido a que su desarrollo ya está maduro. Puede tener uso municipal independientemente de los operadores de telecomunicaciones y sería una red totalmente complementaria e interoperable con las futuras redes IoT que están en desarrollo, como el NB IoT (*Narrow Band* - banda estrecha para IoT) y LTE Cat-M1, que se implementarán como parte del despliegue de las redes celulares 5G.

Uno de los aspectos importantes a considerar para construir una infraestructura de red IoT urbana inteligente es realizar una serie de levantamientos de las tecnologías existentes, sus aplicaciones, arquitecturas y estándares abiertos, de tal forma de apoyar a las municipalidades cuando requieran hacer inversiones en este ámbito.

Sensores inteligentes

En la figura 2.3 se muestra la ruta de Ciudades Inteligentes Abiertas desde el punto de vista tecnológico. Todos los elementos alimentan una línea de innovación, activando al sector privado desde la creación y desarrollo de empresas emergentes hasta la interacción con grandes empresas de TIC. Aunque los cuatro elementos son fundamentales, sin los dos primeros, las redes de datos de alta velocidad (banda ancha fija y/o móvil), las redes de banda estrecha de sensorización IoT y los sensores y dispositivos móviles, no es posible pensar en una Ciudad Inteligente Abierta (ver informe N° 7 en Anexo 1 disponible también en <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>).

En IoT hay dos tipos de dispositivos conectados: los sensores, que son dispositivos que deben estar conectados a la red de datos y que se utilizan para medir una propiedad física y convertir en datos parámetros como temperatura, peso, movimiento, presión, humedad, entre otros, y los actuadores, que son dispositivos que al recibir una señal tienen la capacidad de transformarla en energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso, con la finalidad de generar un efecto automatizado.

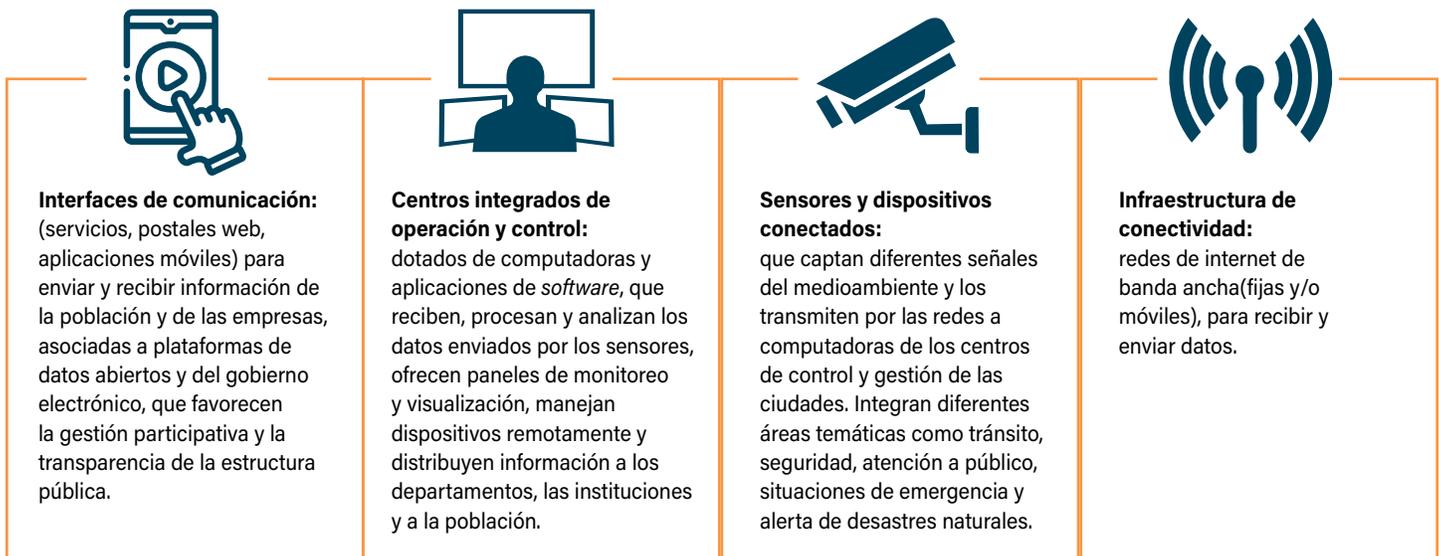


Figura 2.3 Ruta de Ciudades Inteligentes Abiertas desde el punto de vista tecnológico, BID (2016).

Los sensores y actuadores no son capaces de procesar los datos que obtienen, por lo tanto, para tener el resultado de la medición o de la acción realizada, el sensor o actuador debe enviar la data a un centro de procesamiento.

La distinción entre los sensores y actuadores es que un sensor transforma una acción, energía útil en datos eléctricos. Por el contrario, un actuador transforma los datos eléctricos en una acción, energía útil, como se observa en la figura 2.4.

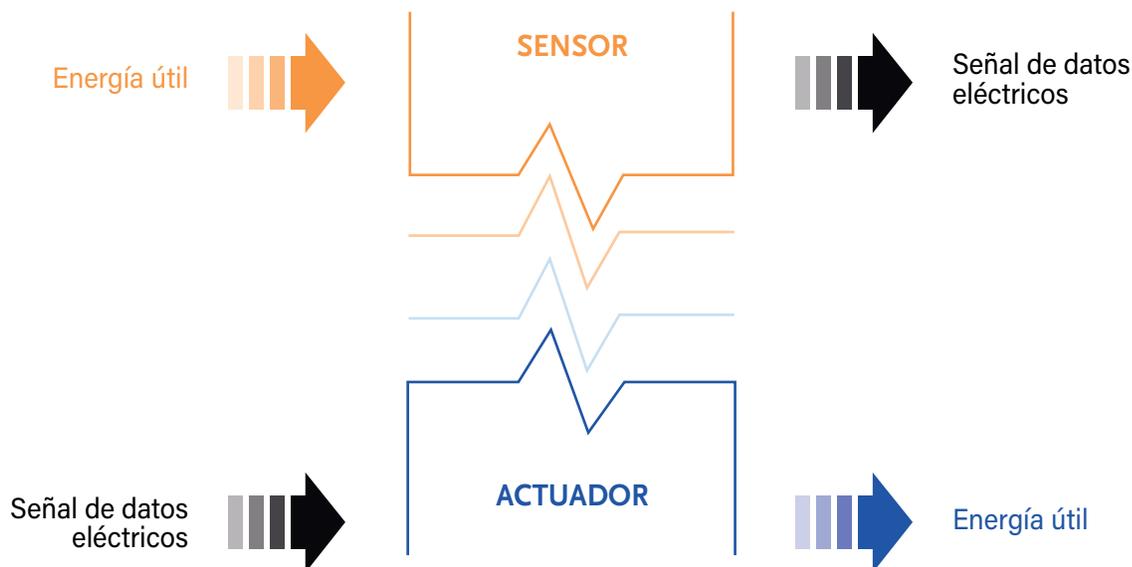


Figura 2.4. Sensor Vs. Actuador / Fuente: elaboración propia, basada en Tuataratech. (2017).

La figura 2.5 muestra un esquema de la arquitectura tecnológica abierta compuesta por sensores y actuadores, una Red IoT habilitante, un Centro de Gestión y Aplicaciones de Ciudad Inteligente Abierta.

La sensorización es fundamental para la gestión inteligente de una ciudad. Los sensores son pequeños computadores con baja capacidad de procesamiento y son los responsables de capturar datos (sensor) o de ejecutar acciones programadas en forma remota (actuador), los datos son transmitidos a través de una Red de telecomunicaciones IoT, y almacenados en un Centro de Gestión Urbano, en donde se procesan y se analizan.

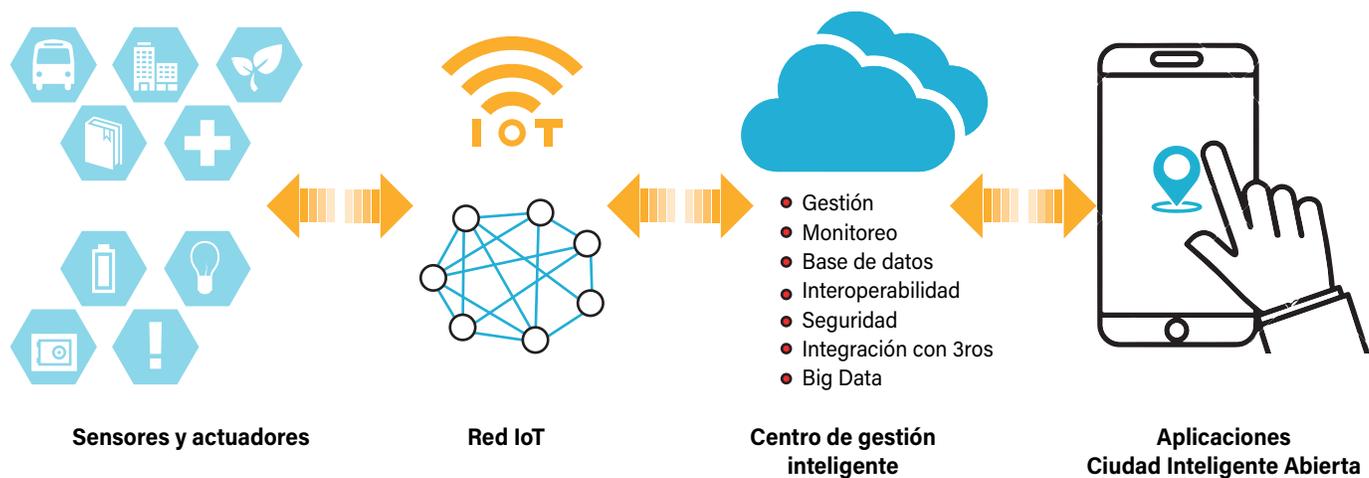


Figura 2.5. Arquitectura Tecnológica Abierta

Fuente: elaboración propia, basada en Guía Infraestructura Habilitante de Ciudades Inteligentes Abiertas, Corfo (2019).

El Centro de Gestión Urbano también debe incorporar sistemas de intercambio de información o interfaces estándares para integrar aplicaciones de gestión eficiente provistas por diversos desarrolladores. Para que todo esto ocurra con total independencia del tipo de solución ofrecida por diferentes fabricantes, es esencial que se exija el uso de estándares abiertos para asegurar la interoperabilidad entre los sistemas que operan en la ciudad, considerando las capas de interconexión físicas hasta las capas de aplicación.

La red de telecomunicaciones IoT y el Centro de Gestión Inteligente componen la infraestructura habilitante que requieren las ciudades como base para su operación tecnológica.

La red de telecomunicaciones es especial, ya que no utiliza las existentes como las redes móviles 3G o 4G. Esto se debe a que las redes de datos actuales están diseñadas para el uso de personas, y lo que se requiere es una Red IoT Multipropósito que soporte un número mucho mayor de dispositivos conectados y de muy bajo consumo para permitir que los sensores, que incorporan pequeños microprocesadores, puedan operar con baterías cuya duración sea de años. Además, el pago de servicios recurrentes de las redes móviles o fijas actuales haría prácticamente imposible el desarrollo de aplicaciones que sean escalables a miles de dispositivos y a costos razonables.

Capa de sensores y dispositivos conectados

Su objetivo es obtener datos generados en el ambiente, en las infraestructuras instaladas por prestadores de servicios y ciudadanos en los edificios y en las calles, para luego procesar esos datos y transformarlos en información que facilite la toma de decisiones capaces de mitigar, organizar, anticipar o prevenir innumerables retos urbanos.

La tecnología digital móvil de los teléfonos inteligentes es un elemento nuevo presente en las ciudades, que debe ser tomada en cuenta en cualquier ecuación o proyecto de Ciudad Inteligente Abierta que considere la participación de los ciudadanos. Un teléfono inteligente debe ser visto como un dispositivo capaz no solo de ser un canal de distribución y recepción de información, sino también como un sensor inteligente conectado en red. Los teléfonos inteligentes actuales son computadoras sumamente poderosas con capacidad de conexión rápida; están dotados de cámaras fotográficas y de video de altísima calidad y un conjunto de sensores extremadamente sofisticados que incluyen GPS, Wi-Fi, NFC (*Near Field Communication*), Bluetooth, brújula, micrófono, giroscopio, sensor de iluminación, acelerómetro, barómetro, termómetro, magnetómetro e higrómetro. Es decir, el ciudadano con un teléfono inteligente es el mejor sensor urbano en tiempo real y está cada vez más interesado en involucrarse en los asuntos de la ciudad.

Los principales requerimientos para implementar las opciones tecnológicas para una infraestructura de comunicaciones de baja frecuencia para IoT deben ser: sistemas abiertos, de bajo consumo de potencia, que operen en las bandas de baja frecuencia (menor a 1 GHz) y que hagan uso de protocolos de comunicaciones abiertos IPv6.

De acuerdo con lo anterior, las tecnologías que cumplen con estos requisitos y que se sugieren para su implementación en ciudades inteligentes son las siguientes: Wi-SUN Alliance, 6LoWPAN, *Open Mesh* UCIFI, *Jupiter Mesh*, WiFi IEEE 802.11ah HaLow. La elección de estos estándares de comunicaciones abiertos para IoT dependerá en gran parte de las necesidades de conectividad que requieran las aplicaciones Ciudades Inteligentes Abiertas.

El protocolo 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks) desarrollado por la IETF ha sido diseñado para ser usado en dispositivos con baja capacidad de procesamiento, y con opción de alimentación por baterías y que opera sobre los protocolos de capa física IEEE 802.15.4g (*Smart Utility Network*) e IEEE 1901.2 (*Narrowband PLC*).

Como segunda alternativa acorde a los requerimientos de los servicios a implementar se tienen las redes celulares 2G, 3G, GSM/GPRS, 4G, LTE/LTE-Avanzado, LTE Cat. 19 y 5G.

Por otro lado, las tecnologías que proporcionan infraestructura de comunicaciones inalámbricas de alta frecuencia para IoT son: Wi-Fi, *Bluetooth*, IEEE 802.11n, *Wireless Hart* y *Thread*. Estas tecnologías son interoperables con dispositivos de comunicaciones de baja frecuencia.

La elección de estándares de comunicaciones para IoT dependerá en gran parte de los tipos de servicios a instalar.

Deben considerarse, además, redes WLAN (IEEE 802.11), que deberán ser interconectadas con redes LAN Ethernet (IEEE 802.3), instaladas sobre el sistema de Alumbrado Público Inteligente, lo cual permitirá conformar una red IoT ubicua.

Estos protocolos permiten conformar redes enmalladas que brindan una cobertura amplia, donde un nodo final puede estar conectado a uno o más nodos que pueden enrutar la transferencia de la información y ofrecer una mayor tolerancia a falla y disponibilidad que otros tipos de topologías. Además, estas redes pueden reducir los costos de la infraestructura habilitante debido a su arquitectura flexible. Por último, este tipo de red permite aumentar la cobertura de las áreas de servicio con facilidad y flexibilidad.

Por otro lado, se requiere que los sistemas sean interoperables, que presenten una alta calidad del servicio y, sobre todo, una alta seguridad en el transporte de la información.

Finalmente debemos considerar que:

- Las Industrias AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) y DA (*Distribution Automation*) han adoptado IPv6 como estándar de facto para las nuevas implementaciones de red.
- Los dispositivos que sean interconectados a IoT deberán cumplir con la Resolución 1517 que modifica la Resolución N° 1985 que "Fija Norma Técnica de Equipos de Alcance Reducido".

Capa de interconectividad

Un plan de Ciudad Inteligente Abierta debe garantizar la existencia (o el desarrollo) de redes de banda ancha y redes WSAN que puedan soportar aplicaciones digitales y garantizar que dicha conectividad esté presente en toda la ciudad y para todos los ciudadanos. Esa infraestructura de comunicación puede ser una combinación de diferentes tecnologías de red de datos que utilicen transmisión vía cables Ethernet, fibra óptica, redes inalámbricas (Wi-Fi, 3G, 4G o a un corto plazo 5G, redes WSAN de baja potencia y la banda estrecha (NB-IoT). La fibra óptica es la tecnología actual que asegura la mayor velocidad de conexión en tierra y permite crear redes Wi-Fi de alta calidad y velocidad, esenciales para conectar sensores y dispositivos.

Sin embargo, las redes de fibra óptica son un elemento nuevo que recién empiezan a ampliar su capilaridad, comenzando por el uso en grandes centros urbanos. Por otro lado, la expansión del uso de la banda ancha móvil y el movimiento de las operadoras de telecomunicaciones, que buscan ofrecer cada vez más planes de acceso móvil, garantizan a los gestores municipales un número expresivo de ciudadanos conectados por medio de sus teléfonos inteligentes. Ello permite crear canales de comunicación, por ejemplo, colocando a disposición de la población aplicaciones móviles instaladas en sus dispositivos digitales.

Capa de Centros Integrados de Operación y Control

Considera la materialización de la integración de los recursos y sistemas de una Ciudad Inteligente Abierta. El Centro Integrado de Operación y Control (CIOC) reúne en un mismo local la estructura tecnológica (computadoras, sistemas de aplicaciones y monitores de los sistemas digitales), la infraestructura física (salas de operación, gestión de crisis, etc.), la infraestructura de procesos y el personal y representantes de varios organismos públicos y proveedores de servicios, centrado en un enfoque colaborativo e integrado de los temas que serán tratados en lo que debe ser el cerebro de la Ciudad Inteligente Abierta.

Para proyectos nuevos, es esencial partir desde una visión de conjunto y mantener una perspectiva integral a lo largo del proceso hasta completarlo. Para proyectos ya existentes, a los cuales se pretende agregar un Centro Integrado de Operación y Control, es importante enfocarse en la colaboración de las diferentes entidades y pensar en la integración de esos departamentos en el mismo ambiente o en una estructura de interoperabilidad y conexión en tiempo real.

El CIOC está conectado a la ciudad en tiempo real por medio de Internet y de diferentes redes de comunicación con los miles de sensores y dispositivos digitales diseminados por la red urbana, cámaras de video y otros equipos generadores de información. Está equipado con computadoras y programas de procesamiento de grandes cantidades de datos y sistemas de análisis, que permiten que sus operadores den seguimiento al movimiento de la ciudad en vivo, tomen decisiones que permitan actuar en situaciones de rutina o que intervengan rápidamente en situaciones de emergencia, como inundaciones, accidentes o situaciones graves de seguridad.

Uno de los atributos más interesantes del CIOC es la inteligencia, que le permite hacer análisis predictivos a partir de la comparación y el análisis (*analytics*) de una gran cantidad de datos (*Big Data*) en tiempo real con datos históricos y, como consecuencia, facilita la toma de decisiones para una acción preventiva, siempre que sea posible, antes de que los problemas ocurran o se agraven. Otro punto importante es la capacidad de establecer procesos colaborativos y reunir a representantes de diferentes servicios de la ciudad en un mismo lugar y de conectarse instantáneamente con los servicios de emergencia (policía, bomberos, ambulancias, defensa civil y otros). Esa integración facilita la comunicación y, por consiguiente, puede disminuir la espera para recibir atención o para que los problemas sean solucionados.

Justamente por su capacidad de almacenar y analizar una gran cantidad de datos, el CIOC también facilita el desarrollo de sistemas de Gestión por Resultados (*Results Based Management*), que permite monitorear la administración de la municipalidad. El componente principal es el sistema de indicadores, que muestra, por ejemplo, en qué grado se cumplieron las previsiones hechas en el plan de gobierno, o cuántos días demora la municipalidad para emitir una licencia o aprobar un proyecto de construcción. Esos sistemas informan si la municipalidad está dentro de la meta, si está mejorando o empeorando y registra el impacto de las decisiones tomadas.

Capa de aplicación e interfaces de comunicación

Una vez establecida la infraestructura de Tecnología de la Información y de Comunicación (TIC) de la Ciudad Inteligente Abierta, es necesario agregar una capa de aplicaciones y sistemas de comunicación que funcionarán como interfaces entre la gestión y los ciudadanos y los diferentes municipios de la ciudad. Esos sistemas pueden servir como plataformas de colaboración, por ejemplo, a través de la creación de aplicaciones móviles que permitan la recolección de datos mediante la gestión participativa de los ciudadanos o que permitan que la ciudad se comunique con ellos para enviar alertas de emergencia o sugerencias de transporte.

Una forma de asegurar que todas las personas de una ciudad tengan acceso a los servicios digitales dentro del centro urbano es trabajar con plataformas abiertas y disponibles para toda la población urbana, municipios, organizaciones gubernamentales o no gubernamentales, públicas y/o privadas.

Además de las aplicaciones móviles, también es importante agregar sistemas informáticos basados en una plataforma web para tener acceso a información de los diferentes departamentos de la ciudad, acceso a servicios y también canales que permitan la participación del ciudadano. El uso de plataformas de computación en la nube (*cloud computing*) combinadas con el uso creciente de dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, tiene mucho que ofrecer a las ciudades que procuran ser inteligentes y para las gestiones que buscan ser cada vez más abiertas y transparentes.

A continuación, se indican las distintas formas de comunicación que cumplen con los requerimientos Open Source:

- MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) versión 5.0
- MQTT-SN versión 1.2 (MQTT para Redes Sensoras)
- CoAP (*Constrained Application Protocol*)
- AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*)
- Protocolo *WebSockets* – RFC 6455
- Protocolo HTTP/2 – RFC 7540
- XML (*eXtensible Markup Language*)
- JSON (*JavaScript Object Notation*)
- RESTful
- XMPP (*Extensible Messaging and Presence Protocol*)
- XMPP-IoT
- LLAP (*Lightweight Local Automation Protocol*)
- OMA LWM2M (*Lightweight M2M*)
- SOAP (*Simple Object Access Protocol*)

En virtud del análisis realizado en el informe N° 6 (en Anexo 1 disponible también en <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>), todos ellos cumplen con los requerimientos *Open Source*. Para lograr la interconectividad de uno o más access point o gateways, se seleccionarán uno o más interfaces de comunicación acorde a lo suministrado por el proveedor de dispositivos de sensores y/o actuadores.

Todos los dispositivos dotados de conectividad a Internet forman parte del IoT, donde requieren algún tipo de ciberseguridad, ya que es necesario comprender que cualquier dispositivo que se conecte a la red es susceptible de ser comprometido con su *data*, sobre todo si existe una carencia de medidas de seguridad. Por tanto, es necesario implementar medidas de seguridad que cumplan con una gestión integral de los procesos de Tecnologías de Información y de Seguridad de la Información en materia de cumplimiento normativo y estándares establecidos con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), Esquema Nacional de Seguridad (ENS) -que establece una política de seguridad en la utilización de los medios electrónicos-, Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información (SGSI), basado en ISO 27001, así como ITIL e ISO 20000.

Gestión y ciberseguridad

Los objetivos de la ciberseguridad para los sistemas TIC tradicionales generalmente priorizan la confidencialidad, luego la integridad y, por último, la disponibilidad. Los sistemas de IoT atraviesan múltiples sectores, así como los casos de uso dentro de esos sectores y sus objetivos de ciberseguridad se pueden priorizar de manera muy diferente, dependiendo de la aplicación. Para algunas aplicaciones de IoT, la disponibilidad o la integridad pueden ser la prioridad más alta (Data Warden, 2019). El NIST, en su reporte NISTIR 8200 sobre la Estandarización de la Ciberseguridad para IoT, describe 5 grupos de aplicaciones IoT que pueden tornarse críticas para proteger, tales como vehículos conectados, aplicaciones de consumidor, dispositivos médicos y de salud, edificios inteligentes y la manufactura avanzada.

Sugiere que los objetivos de seguridad para los Sistemas de Control Industrial (ICS) pueden ser adaptados, en general, para los Sistemas IoT, basándose en su publicación NIST-SP 800-82r2 (2015):

- Restricción del acceso lógico a la red y a la actividad de la red.
- Restricción del acceso físico a la red y los componentes de IoT.
- Proteger los componentes individuales de IoT de la explotación.
- Prevención de modificaciones no autorizadas de datos.
- Detección de incidentes y eventos de seguridad.
- Mantener la funcionalidad en condiciones adversas.
- Restauración el sistema después de un incidente.

Este reporte también define 12 áreas de ciberseguridad clave con aplicabilidad para IoT e identifica, además, posibles brechas en cada uno de estos estándares. Con esto se busca tener un panorama amplio para adecuar una estrategia de seguridad de mayor alcance y reducir al mínimo la superficie de exposición, las cuales son:

- Técnicas criptográficas: se debe explorar la inclusión de la tecnología blockchain para los mecanismos de seguridad de IoT.
- Gestión de incidentes cibernéticos: se deben explorar las mejores prácticas para la remediación cuando los parches de *software* no sean factibles.
- Aseguramiento de hardware: se deben explorar las mejores prácticas para evitar el malware en el firmware.
- Gestión de identidad y acceso: se deben revisar los estándares existentes para determinar si son suficientes o requieren una revisión para los sistemas de IoT (Cisco, 2018).
- Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI): deben considerarse los estándares de sistemas de gestión basados en ISO/IEC 27002 para aplicaciones de IoT basadas en la serie 27000.
- Evaluación de la seguridad del sistema de TI: los estándares existentes no son específicos de IoT y deben revisarse para determinar si son suficientes o requieren una revisión para los sistemas de IoT.
- Seguridad de la Red: los estándares existentes pueden requerir actualizaciones y/o se necesitarán nuevos para abordar las redes de IoT que tienen el potencial de conexiones espontáneas (debido a la red) sin una vista del sistema.
- Seguridad física: los requisitos de seguridad física y la guía para los componentes de IoT y los sistemas de IoT no existen y se deben investigar nuevos estándares.
- Automatización de Seguridad y Monitoreo Continuo (SACM): dado que el ecosistema de IoT es heterogéneo, los fabricantes de dispositivos y los proveedores de seguridad de IoT pueden necesitar desarrollar agentes e interfaces específicos del dispositivo para el monitoreo, hasta que los estándares se adapten a los diversos casos de uso de IoT y se implementen en los productos.
- Aseguramiento del *software*: se deben investigar los estándares para evitar vulnerabilidades en el *software* (por ejemplo, malware, integración de las mejores prácticas para el desarrollo de *software* en estándares para disciplinas que contribuyen con IoT).
- Gestión de Riesgos de la Cadena de Suministro (SCRM): las normas genéricas (por ejemplo, ISO/IEC 27036) no son específicas de IoT y deben revisarse para determinar si son suficientes o requieren una revisión para los sistemas de IoT.
- Ingeniería de Seguridad de Sistemas: las normas de ingeniería de seguridad del sistema genéricas (por ejemplo, ISO/IEC 15026) deben revisarse para su aplicación a los sistemas IoT.

Alumbrado público inteligente conectado

En este capítulo se revisarán los siguientes puntos:

- **Desarrollo de una infraestructura habilitante de Ciudad Inteligente Abierta a partir de la red de alumbrado público inteligente**
- **Red de alumbrado público inteligente (RAPI)**
- **Red inalámbrica de sensorización (WSAN) IoT**
- **Sistema central de gestión (Central Management System - CMS)**
- **Acces points o gateways**
- **Controles inalámbricos de luminarias y enrutadores de red WSAN**
- **Implementación de una infraestructura habilitante IoT basada en la red de alumbrado público**

Los avances tecnológicos en materias de eficiencia energética en alumbrado público han impulsado a las municipalidades del país a recambiar sus parques de las luminarias de vapor de sodio de alta presión (VSAP) y de haluro metálico (HID) por luminarias con tecnología LED. Entre las ventajas de las luminarias LED está la posibilidad de incorporar controladores inteligentes para programación y sensorización, que permiten en forma remota ajustar el nivel de intensidad lumínica, medir el consumo de energía eléctrica, monitorear el estado, facilitando y haciendo más oportuno y eficiente las tareas de mantenimiento.

Para realizar esto, diversos fabricantes han desarrollado redes de telecomunicaciones IoT para gestión de luminarias y conformar infraestructuras habilitantes para sensorización en soluciones de Ciudad Inteligente Abierta.

En varias ciudades del mundo han reconocido el alumbrado público inteligente y conectado en Red como un primer paso hacia el desarrollo de una Ciudad Inteligente Abierta. Además de aumentar la eficiencia energética de la ciudad y reducir los costos de energía, emisiones de carbono y costos de mantenimiento, el alumbrado público conectado también puede proporcionar una red troncal *backbone* estratégico para el establecimiento de una Red Inalámbrica de Sensores y Actuadores WSAN basada en Internet de las Cosas (IoT, *Internet of Things*). Esto, para una gama de otras aplicaciones de la ciudad, incluido el monitoreo ambiental, la gestión de residuos, automatización de procesos de fiscalización, turismo, estacionamiento inteligente, seguridad pública y gestión del tránsito, entre otros.

Los controladores inteligentes de las luminarias y los puntos de acceso o *gateways* forman una red de radiofrecuencia con topología enmallada (*Mesh*) con características de alcance medio y bajo consumo de energía, que permite la distribución de señales, entre otros los controladores de luminarias, multipunto a multipunto. Los dispositivos finales de la red (sensores o actuadores) pueden operar con batería con topología estrella.

La solución de alumbrado público inteligente debe ser desarrollada utilizando tecnología basada en protocolos Internet (IP) y debe permitir soportar múltiples tipos de aplicaciones Ciudad Inteligente Abierta en paralelo, como gestión de estacionamiento o detección del llenado de contenedores de residuos, y permitir la integración de aplicaciones de terceros o con sistemas de control de activos.

A medida que se va desplegando la nueva tecnología de alumbrado LED por la ciudad, automáticamente se origina la posibilidad de desplegar una Red IoT multipropósito con un costo marginal menor. Solo hay que considerar que esta Red utilice estándares abiertos, en primer lugar, para que pueda ser gestionada con un solo Sistema de Control Central y, en segundo lugar, para que esta Red sea multipropósito o multiservicio, esto es, que pueda transmitir tanto datos de estado de luminarias como de otros sensores que estarán desplegados en la ciudad.

En este sentido, Corfo, en conjunto con el INN (INN, 2019), especificó el marco normativo que deben cumplir las luminarias con tecnología LED para la implementación de la red de gestión. Se hicieron ocho normas técnicas para incorporarlas al catálogo del INN, basadas en normas internacionales.

Se recomienda a los municipios que incluyan las normas propuestas por el INN y soliciten soluciones de alumbrado público inteligente o con capacidad de transformarse en inteligente, basadas en estándares abiertos del Protocolo Internet versión 6 (IPv6)

en las bases técnicas de sus próximas licitaciones de luminarias públicas. De esta forma, en poco tiempo las ciudades de Chile podrán contar con infraestructuras habilitantes IoT o Redes Inalámbricas de Sensores y Actuadores (WSAN) ubicuas que les permitirá transformarse en inteligentes.

Las infraestructuras habilitantes IoT deben considerar todos los componentes y dispositivos de hardware y *software* suficientes y necesarios para gestionar en forma centralizada todas las nuevas luminarias solicitadas.

Propuesta de una Infraestructura Habilitante de Ciudad Inteligente Abierta a partir de la Red de Alumbrado Público Inteligente

En esta sección se propone una arquitectura para una Ciudad Inteligente Abierta, en referencia al documento Establecer un Marco de Referencia para una Arquitectura de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) de una Ciudad Inteligente Abierta y Sostenible. La figura 3.1 presenta una plataforma Ciudad Inteligente Abierta mostrando una arquitectura correspondiente a las Tecnologías de la Información y Comunicación de una Ciudad Inteligente Abierta y Sostenible, enfatizando en la Red de Alumbrado Público Inteligente (RAPI).

La arquitectura de la Ciudad Inteligente Abierta y Sostenible propuesta consta de las siguientes capas:

- Red de Alumbrado Público Inteligente (RAPI)
- Capa de sensores y dispositivos conectados
- Capa de interconectividad
- Capa de Centros Integrados de Operación y Control
- Capa de aplicación e interfaces de comunicación

La descripción de las cuatro capas del modelo de arquitectura propuesta se encuentra en el capítulo II.

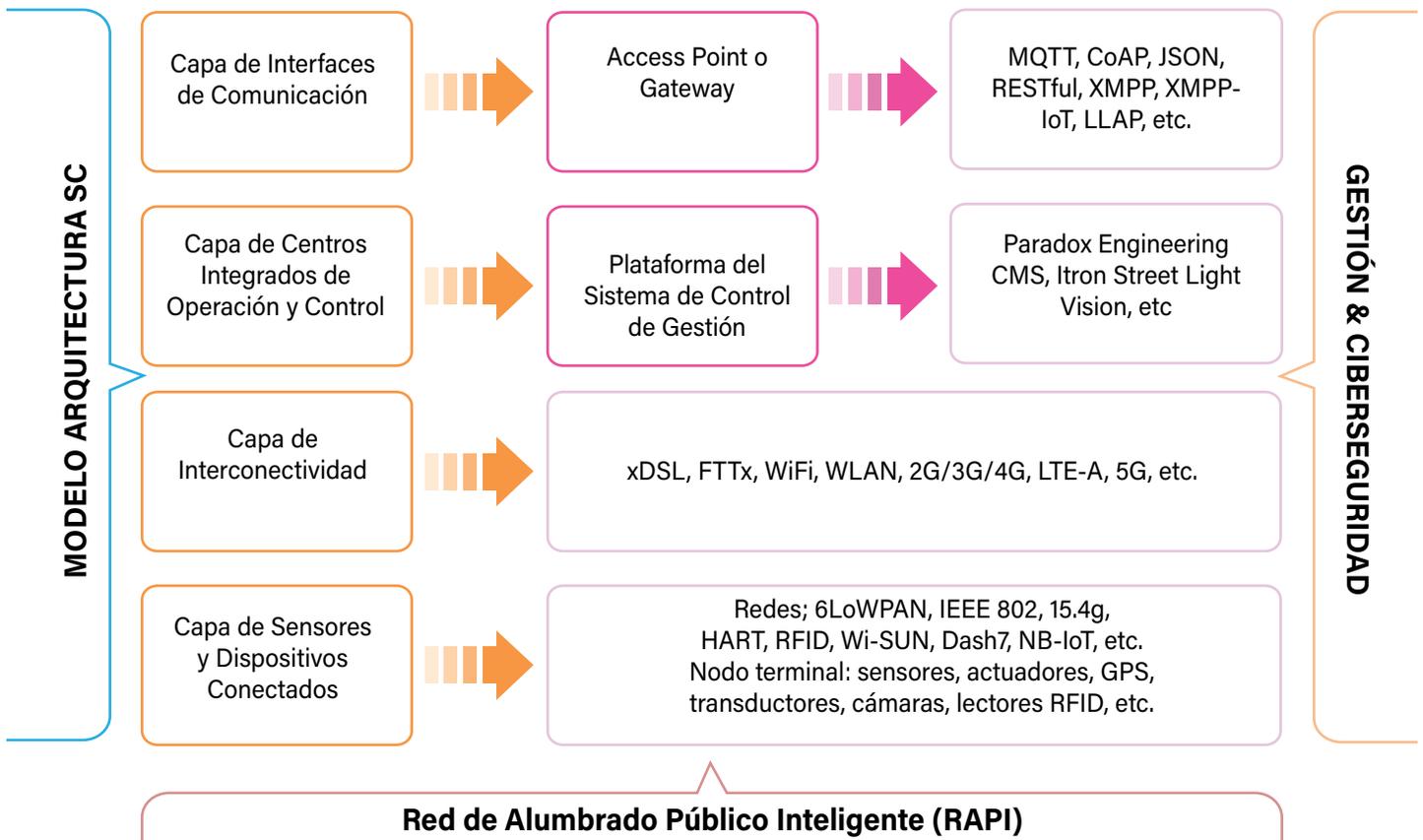


Figura 3.1. Modelo de Arquitectura Arquitectónica propuesta para una Red de Alumbrado Pública Inteligente (RAPI) desde el punto de vista de las comunicaciones / Fuente: elaboración propia.

En el análisis del estado del arte realizados en los informes N° 4 y N° 6 (en Anexo 1 disponible también en <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>) se presentaron un conjunto de normativas aplicadas a los controladores inalámbricos y enrutadores de red WSN que son utilizados en las luminarias de una RAPI. Entre ellas se tiene:

- NCh3426:2017 – Dispositivo externo tipo fotocelda para control de driver o balasto: ANSI C136.41 – *Roadway and Area Lighting Equipment – Dimming Control between an External Locking Type Photocontrol and Ballast or Driver.*
- IEEE 1451 Standard for Smart Transducers – Estándar para Transductores Inteligentes
- Familia de Estándares 1451.
- IEEE 1905.1-2013 Estándar para una red doméstica digital convergente para tecnologías heterogéneas.
- IEEE 1377-2012 Estándar para la capa de aplicación del protocolo de comunicación de medición de la industria de servicios públicos.
- IEEE P1828 Estándar para sistemas con componentes virtuales.
- IEEE P1856 Marco Estándar para el Pronóstico y la gestión Sanitaria de los Sistemas Electrónicos.

Todos los controladores inalámbricos y enrutadores de red WSN analizados cumplen con las normas internacionales y nacionales aplicados a una infraestructura habilitante para un sistema de luminarias públicas inteligentes. Sin embargo, para el territorio nacional, dado que será aplicado a una luminaria inteligente, se sugiere hacer uso de la normativa NCh3426:2017 - ANSI C136.41. En la figura 3.2 se observa un diagrama de conexión de un dispositivo de control de telegestión que incluye un sensor de movimiento. Una de las aplicaciones más potentes de las bases de fotocelda que cumplen con esta norma es la posibilidad de realizar un recambio masivo de luminarias instaladas inicialmente con fotocelda (o celda de *bypass*), para posteriormente instalar sistemas de telegestión en zonas específicas o de forma progresiva, sin cambiar o intervenir la luminaria.

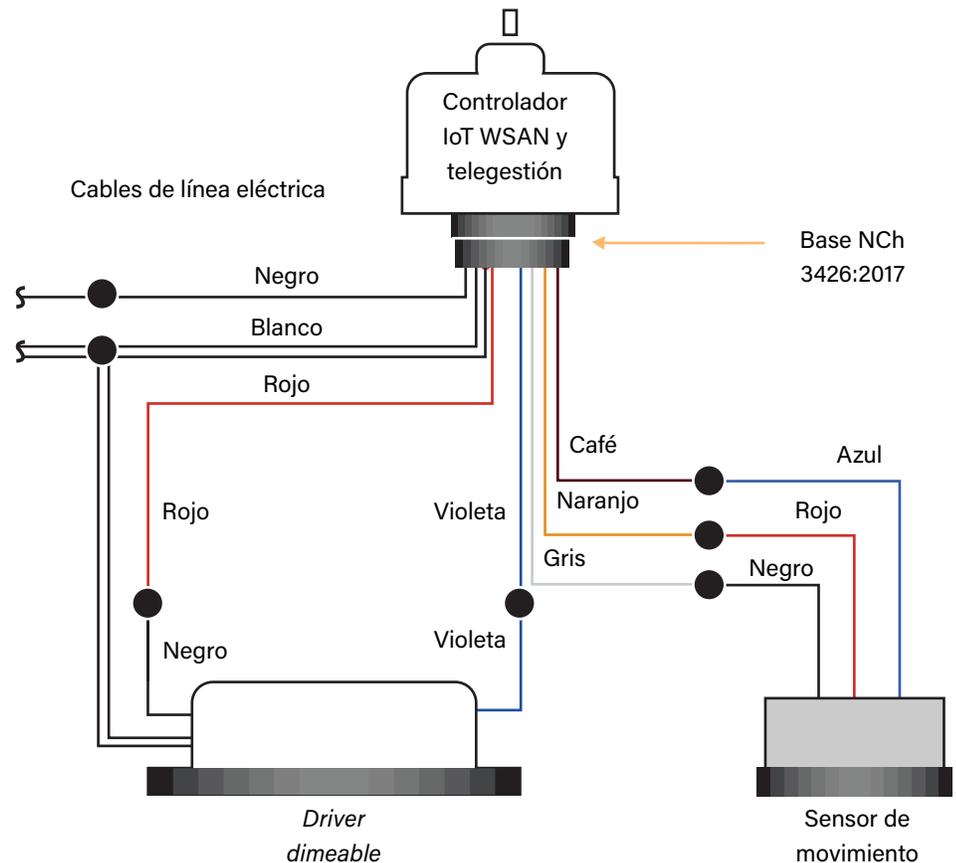


Figura 3.2. Diagrama de conexión para un dispositivo de telegestión utilizando una base que cumpla con la NCh 3426:2017

Fuente: elaboración propia, basado en INN (2017).

Red inalámbrica de sensorización (WSAN) IoT

Las recomendaciones técnicas de la infraestructura de Red IoT urbana inteligente que se presentan a continuación comprenden los siguientes puntos:

- Red Inalámbrica de Sensorización (WSAN) IoT 6LoWPAN
- Sistema Central de Gestión (Central Mangement System – CMS)
- Access point o gateways
- Controladores Inalámbricos de luminarias y enrutadores de red WSAN

La figura 3.3, diagrama IoT Ciudad Inteligente Abierta, muestra un esquema de arquitectura tecnológica abierta compuesta por sensores y actuadores, una Red IoT Habilitante, un centro de gestión urbano y aplicaciones de Ciudad Inteligente Abierta.

Diagrama IoT Ciudad Inteligente Abierta

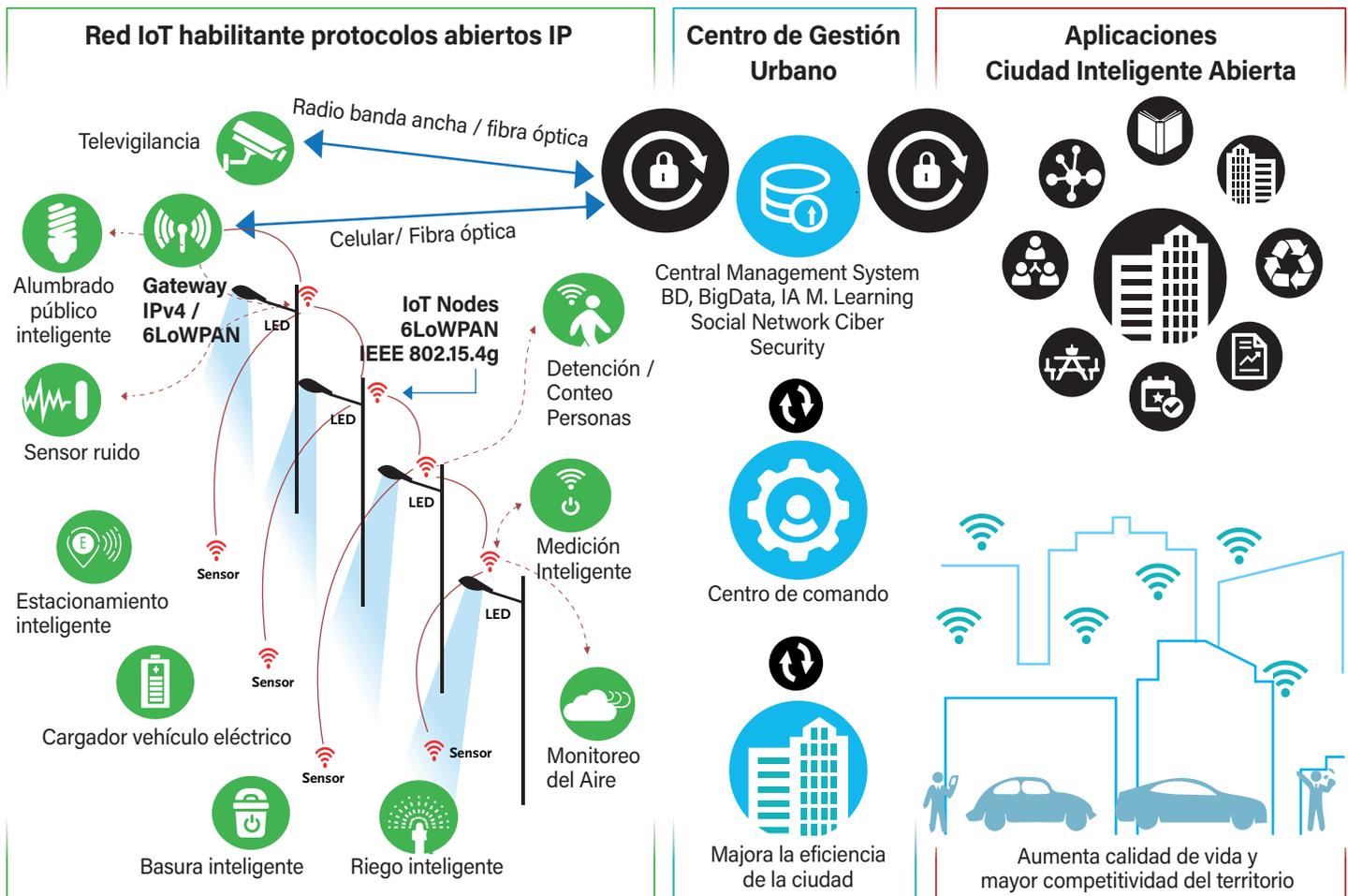


Figura 3.3 Red inalámbrica de sensorización IoT / Fuente: elaboración propia, basada en Guía infraestructura habilitante de ciudades inteligentes. Corfo (2019).

La Red Inalámbrica de Sensorización (WSAN) basada en Internet de las cosas (IoT), en adelante Red WSAN, debería cumplir con los siguientes requisitos principales:

- a) Basada en estándares abiertos Internet IPv6 (Internet Protocol versión 6) y 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks).
- b) Escalable a cientos de miles de sensores.
- c) Posean preferentemente algoritmos de enrutamientos con el fin de aumentar la eficiencia energética de las fuentes de alimentación.
- d) Que cuente con sensores FFD (Full Function Device) y RFD (Reduced Function Device) acorde a los requerimientos de la red.
- e) Que las bandas de frecuencias que operen los sensores estén acorde a las bandas de frecuencia autorizadas por la Subtel.

- f) Permitan efectuar multiservicio y multiaplicación, de manera tal que permita en un futuro, el despliegue de nuevos servicios y aplicaciones de Ciudad Inteligente Abierta.
- g) Presente características de *auto-configuration*, *auto-discovery*, *auto-healing* para simplificar el despliegue y mantención de la conectividad de la Red WSAN durante la vigencia del contrato.
- h) Interoperable, es decir que permita integrar a la Red WSAN sensores o actuadores de fabricantes distintos, que todos ellos sean sistemas abiertos.
- i) El adjudicatario deberá suministrar completamente la Red WSAN, como una plataforma integrada de hardware y *software*, equipos de telecomunicaciones y dispositivos o sensores y mantener operativa la solución durante el plazo establecido en el contrato respectivo.

De manera referencial, en la figura 3.4 se presenta un diagrama con un stack de protocolos estándares abiertos IPv6 - 6LoWPAN para implementar Redes de Sensorización Inalámbricas IoT de radiofrecuencia y de bajo consumo mediante el uso de una topología *Mesh* para conformar una red multipunto.

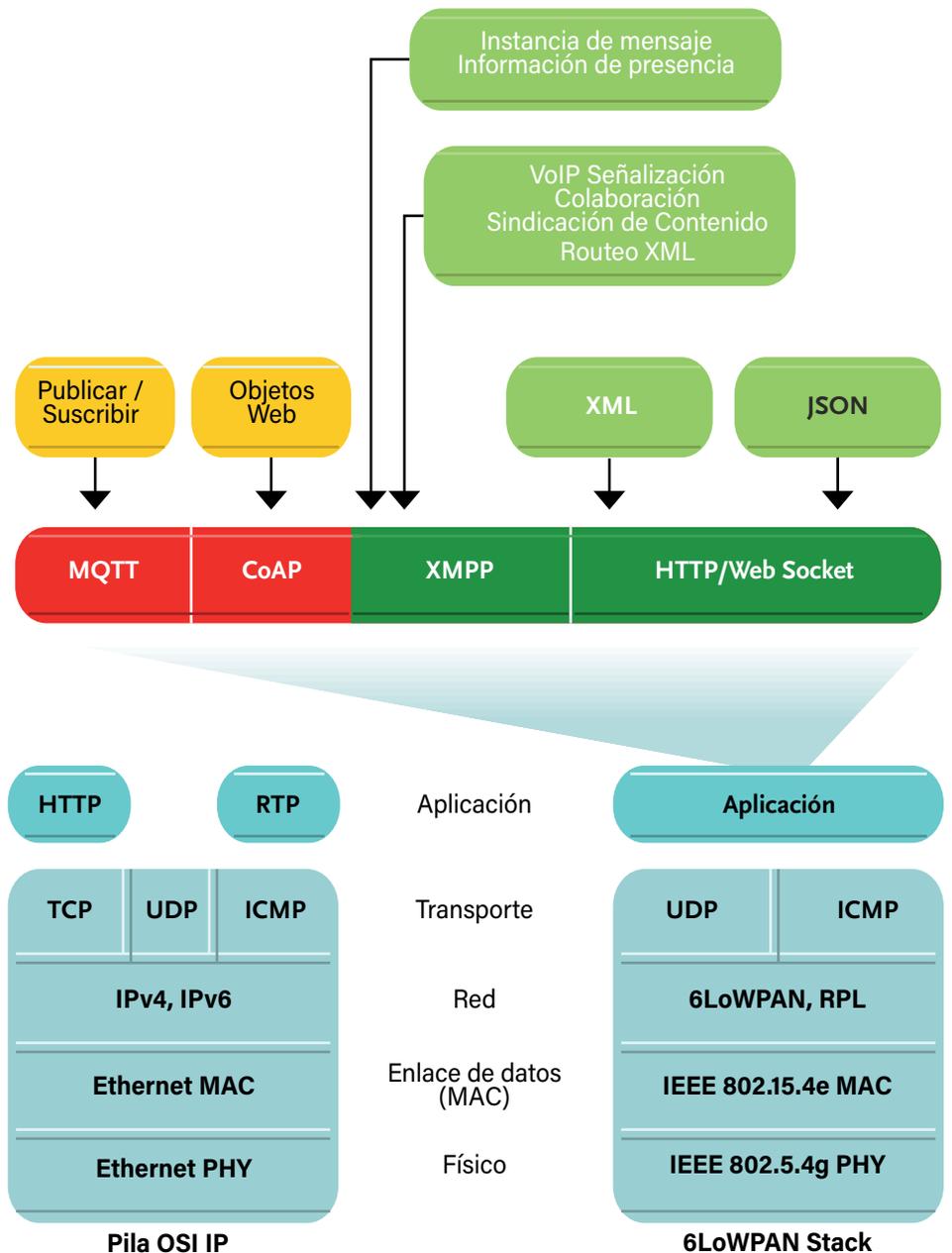


Figura 3.4. Stack de Protocolos IPv6, basada en ShareTechnote (2017).

El Sistema Central de Gestión puede operar en modalidad *On Premise* o en *SaaS - Cloud Computing*. Debe mantenerse continuamente operativo, debe ser actualizado conforme nuevas mejoras que vayan siendo liberadas y debe tener aplicados los parches de seguridad informática que se requieran, todo lo cual será de cargo del adjudicatario por la vigencia establecida en el contrato.

Un CMS establece las bases para la interacción del usuario con el equipamiento instalado en terreno, haciendo más amigable las actividades de supervisión y control. Además, permite el manejo de bases de datos y la generación de reportes asociados a consumos energéticos y estados de funcionamiento de la instalación, sin requerir de ninguna programación avanzada por parte del usuario, al contar con mecanismos y plantillas ya disponibles para dichas necesidades (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016).

El CMS debe incluir al menos las aplicaciones de *software* para la gestión de la Red WSAW y para la telegestión de alumbrado inteligente. Como mínimo debe implementar las funcionalidades que se señalan a continuación y el oferente debe detallar cada una de las funcionalidades que contempla su solución:

- a) Base de datos, con el propósito de tener la estadística del consumo, cortes de suministro, entre otros, de las luminarias.
- b) Georreferenciación de todos los componentes de Red WSAW y luminarias.
- c) Interfaz de usuario para gestionar las luminarias inteligentes y dispositivos finales por mapas digitales (tipo Google Maps, Open Street Map u otro).
- d) Medición de consumo de cada una de las luminarias inteligentes.
- e) Administración y monitoreo de alarmas. Detección de fallas de luminarias, con posibilidad de enviar alertas por correo electrónico al mantenedor.
- f) Control en tiempo real para encendido y apagado, intensidad lumínica de luminarias individuales o grupos de luminarias en forma remota.
- g) Administración de calendarios para encendido y apagado, intensidad lumínica de luminarias individuales o grupos de luminarias en forma remota programado.
- h) Herramienta de reporte y extracción de datos en formatos de archivos tales como. XLS, .PDF, .CSV, .TXT, etc.
- i) Herramienta de analítica de datos.
- j) Interoperabilidad.

El CMS debe implementar una solución de APIs (Application Program Interface) como Web Services SOA y/o RESTful Services, que permita el intercambio de datos e información a sistemas de terceras partes.

La solución de *software* debe contar con aplicaciones de sistemas de apoyo a la gestión, que pueden ser parte o no del CMS, como son:

- a) Aplicación para gestión de la Red WSAW y de las comunicaciones.
- b) Aplicación para actualización de firmware remota tipo "Over The Air Update (OTA)" de *gateways*, controladores de luminarias y dispositivos finales.

Access points o gateways

Un *gateway* de la red WSAW es el responsable de mantener las sesiones y suscripciones de todos los dispositivos conectados de una solución de IoT. El *gateway* permite en soluciones IoT implementadas las comunicaciones seguras y bidireccionales entre los dispositivos conectados y la plataforma a través de MQTT, WebSockets y HTTP. Los protocolos de comunicaciones como MQTT y HTTP permiten a la compañía utilizar los protocolos estándar de la industria en lugar de uno propietario que podría limitar la interoperabilidad en el futuro. Las características principales a considerar son:

- a) El oferente debe diseñar la cobertura de la red para el área o zona establecida en la licitación, para lo cual debe determinar la cantidad de access points o gateways que se requieren para operar adecuadamente la Red WSAW, sin pérdida de comunicaciones, sin exceder la cantidad de ocho saltos (hops) entre cualquier controlador de luminaria y un *gateway*. Además, debe contemplar una ruta alternativa para cada controlador de luminaria para tolerancia a falla de un *gateway*.

b) Los access points o gateways deben operar dentro de los rangos de frecuencias Sub-1 GHz de la banda de 900 MHz establecidas por la Resolución Exenta N° 1.985 de fecha 17 de octubre de 2017, modificada el 31 de julio de 2018, de la (Subtel, 2018), que fija la norma técnica de equipos de alcance reducido u otra disposición vigente en la materia, numerales j.3 y j.4:

j.3) Operen, en la banda de 915 a 928 MHz, con una potencia máxima radiada de 500 mW con técnicas como: espectro ensanchado con secuencia directa o con saltos de frecuencia, monitoreo previo, selección dinámica de canales u otras técnicas de modulación digital que permitan compartir frecuencias.

j.4) Operen, en las bandas de 913 A 919 y 925 A 928 MHz, con una potencia máxima radiada de 1 W con técnicas como: espectro ensanchado con secuencia directa o con saltos de frecuencia, monitoreo previo, selección dinámica de canales u otras técnicas de modulación digital que permitan compartir frecuencias.

c) Los access points o gateways deben permitir desplegar la Red WSA de alumbrado público inteligente en una topología enmallada (*mesh*) para aumentar la cobertura de la red y reducir la cantidad de gateways a instalar y debe gestionar al menos 500 controladores de luminarias o dispositivos finales.

d) Los access points o gateways deben ser unidades independientes de los nodos de control de luminarias y deben contar con antenas externas para asegurar la cobertura y propagación de las señales de radiofrecuencia. Por razones de orden, cableado, funcionalidad y mantención, no se aceptará equipos de concentración que se instalen sobre luminarias públicas por medio de un socket NEMA ANSI C136.41.

e) Los access points o gateways deben ser fabricados en aluminio para exterior (*outdoor*), diseñados para montaje en poste, grado de protección mínima IP65, voltaje de operación conforme la red eléctrica de Chile, 220 a 240 volts (referencial), 50/60Hz.

f) El *firmware* de los access points o *gateways* debe ser actualizable (*OTA update*) en forma remota y distribuido desde el backoffice hacia la propia Red WSA.

g) Los access points o *gateways* deben contar interfaces WAN para conectividad con el CMS y aplicaciones de gestión de Red:

- Comunicaciones IPv4/IPv6 ethernet 10/100/1000 Mbps y/o celular 3/4G y a futuro 5G.
- Protocolos de capa de aplicación IP tales como: HTTP, HTTPS, TALQ Smart city protocol, OASIS MQTT, OMA LWM2M.

h) El gateway debe brindar conectividad a los dispositivos de la Red WSA de bajo consumo o narrowband, y debe cumplir al menos con las siguientes especificaciones IPv6:

- Protocolo de capa de enlace físico IEEE 802.15.4g-2012, ofertas que consideren versiones anteriores a la letra g del año 2012 serán descalificadas técnicamente.
- Protocolo de control de acceso al medio MAC IEEE 802.15.4e.
- Protocolo de capa de adaptación de red IETF 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network), definido por la IETF para utilizar IP versión 6 en sensores/actuadores de bajo consumo eléctrico y bajo consumo, que requieren baja velocidad de transmisión de datos cercana a los 50 Kbps.
- Protocolo de capa de red o enrutamiento IETF RPL (IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks).
- Protocolo de capa transporte IETF UDP.
- Protocolos de capa aplicación tales como: IETF COAP, TALQ, OASIS MQTT, OMA LWM2M.
- Protocolo de autenticación IETF EAP/TLS o superior.
- La red debe permitir el protocolo para integrar sensores que implementan COAP y operan principalmente con baterías.
- Encriptación AES 128 bits o superior.

- a) Para que se pueda desplegar la Red WSAN y gestionar luminarias en forma centralizada es necesario instalar en cada una de las luminarias indicadas en los términos de referencia un controlador inalámbrico externo, que además sirva de enrutador para brindar conectividad a la Red WSAN, a otras luminarias y a otros dispositivos o sensores desplegados dentro del rango de 50 metros de una luminaria inteligente.
- b) Los controladores inalámbricos de luminarias deben permitir desplegar la Red WSAN en una topología enmallada (*Mesh*) para el alumbrado público y mixta (*Mesh-Star*) hacia los dispositivos finales o dispositivos.
- c) Los controladores inalámbricos de luminarias deben operar dentro de los rangos de frecuencias Sub-1 GHz de la banda de 900 MHz establecidas por la Resolución Exenta N° 1.985 de fecha 17 de octubre de 2017, modificada el 31 de julio de 2018, de la (Subtel, 2018), que fija norma técnica de equipos de alcance reducido u otra disposición vigente en la materia, numerales j.3 y j.4:
- j.3) Operen, en la banda de 915 a 928 MHz, con una potencia máxima radiada de 500 mW con técnicas como: espectro ensanchado con secuencia directa o con saltos de frecuencia, monitoreo previo, selección dinámica de canales u otras técnicas de modulación digital que permitan compartir frecuencias.*
- j.4) Operen, en las bandas de 913 a 919 y 925 a 928 MHz, con una potencia máxima radiada de 1 W con técnicas como: espectro ensanchado con secuencia directa o con saltos de frecuencia, monitoreo previo, selección dinámica de canales u otras técnicas de modulación digital que permitan compartir frecuencias.*
- d) Los controladores inalámbricos de luminarias deben integrarse a las luminarias y deben ser compatibles con estándares de dimerización análogo 0-10 Volts o digital DALI, según el tipo de luminaria ofertada, deben contar con un conector NEMA de 5 o 7 pines ANSI C136.41.
- e) Los controladores inteligentes de luminarias deben contar con al menos las siguientes funcionalidades: On/Off, control de intensidad, medición de consumo, falla de driver, control de alumbrado dinámico, reloj astronómico, fotocelda, sensor de luminosidad, protección de sobrevoltaje, operación fuera de línea, memoria interna para almacenar datos de las luminarias.
- f) Los controladores inalámbricos de luminarias deben contar con GPS embebido.
- g) Grado de protección mínima IP65, voltaje de operación conforme la red eléctrica de Chile, 220 a 240 volts (referencial), 50/60Hz.
- h) El firmware de los controladores inalámbricos de luminarias debe ser actualizable (upgrade) en forma remota y distribuida a través de la propia Red WSAN.
- i) El conjunto de protocolos para cada una de las capas o layers de la Red WSAN de bajo consumo o narrowband, que deben implementar los controladores inalámbricos de luminarias, deben cumplir al menos con las siguientes especificaciones IPv6:
- Protocolo de capa de enlace físico IEEE 802.15.4g-2012, ofertas que consideren versiones anteriores a la letra g del año 2012 serán descalificadas técnicamente.
 - Protocolo de control de acceso al medio MAC IEEE 802.15.4e.
 - Protocolo de capa de adaptación de red IETF 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network), definido por la IETF para utilizar IPv6 en sensores/actuadores de bajo consumo eléctrico y bajo consumo, que requieren baja velocidad de transmisión de datos cercana a los 50 Kbps.
 - Protocolo de capa de red o enrutamiento IETF RPL (IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks).
 - Protocolo de capa transporte IETF UDP.
 - Protocolos de capa aplicación tales como: IETF COAP, TALQ, OASIS MQTT, OMA LWM2M.
 - Protocolo de autenticación IETF EAP/TLS o superior.
 - La red debe permitir el protocolo para integrar sensores que implementan COAP y operan principalmente con baterías.
 - Encriptación AES 128 bits o superior.

Implementación de una infraestructura habilitante IoT basada en la red de alumbrado público

De acuerdo con el modelo arquitectónico propuesto para una Ciudad Inteligente Abierta desde el punto de vista de las TICs, se propone las diversas etapas que debería desarrollar un municipio para implementar una infraestructura habilitante IoT basada en la red de alumbrado público:

- 1) Como prerequisite para iniciar una Ciudad Inteligente Abierta dentro de un municipio será establecer una Red de Alumbrado Público Inteligente (RAPI). Por lo general, previo a la implementación de una RAPI se debería realizar un sistema piloto que será ubicado geográficamente, sobre la base de los requerimientos que establezca la gobernanza del municipio.
- 2) Los controladores externos de luminarias que interconectarán la red IoT deberán estar acorde a las normas establecidas por el marco regulatorio del país.
- 3) A continuación, deberá diseñarse e implementarse una red IoT inalámbrica de sensorización y actuación sensorizada (WSAN-IoT) basada en estándares abiertos, haciendo uso de dispositivos cuya red sea abierta, que permita IPv6 y que estén acordes a las bandas de frecuencia establecidas por la Norma Técnica de Equipos de Alcance Reducido fijada por la Subtel. Una red inalámbrica de sensores y actuadores (WSAN) es un grupo de sensores que recopilan información sobre su entorno y actuadores, como servos o motores, que interactúan con ellos. Todos los elementos se comunican de forma inalámbrica; puede ser autónoma o controlada por el ser humano.
- 4) Los distintos sensores a utilizar estarán en virtud de los tipos de aplicaciones que el mismo municipio establezca como prioritarios. Lo habitual será que el mismo municipio realice una encuesta a los ciudadanos y priorice los servicios a implementar. Por otro lado, la misma gobernanza tendrá en forma independiente y bajo su visión una priorización propia de los servicios propios a implementar. La toma de decisiones finales la establecerá el mismo municipio, sobre la base de los dos estudios realizados en forma independiente.
- 5) Los controladores inalámbricos de las luminarias y enrutadores IoT que interconectarán a las redes sensorizadas deberán estar acorde a las normas establecidas por el marco regulatorio del país.
- 6) Los dos puntos anteriores son la base mínima y necesaria para que un municipio inicie la implementación de una infraestructura habilitante de Ciudad Inteligente Abierta.

Dependiendo de los recursos económicos que puedan obtenerse, ya sean públicos, privados o compartidos, el municipio podrá iniciar una segunda fase de desarrollo, que consistirá en establecer una integración total del territorio municipal y una interacción con todos los otros municipios de la región. Para su implementación, deberá establecerse una interconectividad al interior y exterior de los municipios. Para ello, será necesario incorporar tecnologías como WLAN, 2G/3G/4G y 5G (a futuro), LTE, LTE-A, y redes FTTx y xDSL.

A continuación, para establecer la coordinación y gestión dentro del municipio, deberá implementarse un Sistema Integrado de Operación y Control. La elección de este sistema deberá cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo II.

Para la interconectividad con los distintos municipios deberá implementarse un Sistema Integrado de Operación y Control Centralizado.

Finalmente, en lo que respecta a la transferencia de información entre sistemas y módulos de aplicaciones, ya sea a nivel interno o externo del municipio, deberán implementarse interfaces. Ahí el intercambio de información y comunicación se realizará utilizando los lenguajes de programación normalizados pertinentes al tipo de servicio a usar.

Otro aspecto a considerar es la ciberseguridad, que debe ser garantizada con el fin de que la información transferida no sea alterada por terceros.

Evidencias de cumplimiento de requisitos

Para demostrar de manera fehaciente y objetiva el cumplimiento de los requisitos establecidos en los párrafos anteriores, debería procederse de la siguiente forma:

- 1) Todo certificado debe poder ser descargado desde los sitios web oficiales de las entidades de certificación. De comprobarse falsedad o adulteración, se procederá a excluir al oferente del proceso licitatorio y se hará efectiva la boleta de seriedad de la oferta.
- 2) Todo catálogo técnico de las soluciones, productos y equipos ofertados debe ser estándar y poder ser descargable directamente desde los sitios web oficiales de los fabricantes respectivos. De comprobarse falsedad o adulteración, se procederá a excluir al oferente del proceso licitatorio y se hará efectiva la boleta de seriedad de la oferta. Tampoco se aceptarán catálogos generados especialmente para la licitación y/o para un oferente en particular.

El adjudicatario deberá suministrar e implementar todo el *hardware* y *software* requerido, brindando los servicios de configuración, instalación, pruebas, marcha blanca, puesta en marcha, soporte y mantenimiento, etc., para dejar operativas todas funcionalidades propuestas.

Inspección técnica de la Red WSAN

Una vez finalizada la primera fase de instalación de la Red Inalámbrica de Sensores y Actuadores (WSAN) basada en IoT con no más de cien luminarias dotadas de sus respectivos controladores inalámbricos y con el objetivo de probar y verificar el correcto funcionamiento, la conectividad y la interoperabilidad de la Red WSAN desplegada, el adjudicatario deberá:

- Implementar un Sistema Piloto de Telegestión de las luminarias inteligentes instaladas.
- Demostrar y probar la interoperabilidad de la Red WSAN con dispositivos finales (sensores y/o actuadores) de dos aplicaciones de proveedores externos o terceros distintos del fabricante de la Red WSAN. Para ello, el adjudicatario deberá instalar los respectivos dispositivos finales y deberá poner a disposición de la municipalidad herramientas informáticas para monitorear y visualizar la operación y funcionalidades de la solución de telegestión y de las dos aplicaciones de prueba, las cuales deben ser indicadas en la propuesta técnica.

La cantidad de dispositivos finales debe estar acorde con la aplicación y la cobertura de cada dispositivo, no pudiendo ser inferior a cuatro dispositivos por cada aplicación. El conjunto de pruebas y demostraciones debe permitir demostrar la bidireccionalidad de la Red WSAN, enviando/recibiendo datos y/o comandos desde/hacia los dispositivos finales de terceros.

Cualquier dispositivo final que forme parte de las dos aplicaciones de Ciudad Inteligente Abierta de prueba y que se deba conectar a la Red WSAN, deberá cumplir a cabalidad con las especificaciones técnicas, regulaciones de Subtel, radiofrecuencia, potencia de transmisión, estándares, capas o stack de protocolos y seguridad digital de la Red WSAN IPv6/6LoWPAN adjudicada y contar con las credenciales y con un método de autenticación compatible con la infraestructura habilitante instalada, según un procedimiento que defina y entregue el adjudicatario a la municipalidad como parte de la documentación del proyecto.

Estas pruebas y demostraciones se realizarán conforme a un protocolo de pruebas a desarrollar por el contratista y que deberá ser aprobado por la municipalidad como prerrequisito para iniciar la inspección técnica de la Red. El plazo de prueba se acordará en su oportunidad entre las partes, de manera que ellas sean representativas y permitan al municipio realizar la inspección técnica de la Red.

Por su parte, la municipalidad, para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de la Red WSAN contenidas en la propuesta técnica y el apego a lo dispuesto en la Resolución N° 1.985 de la Subtel, podrá solicitar una fiscalización a esa institución. Las observaciones que pudiesen ser emitidas por parte de la municipalidad y de la Subtel deberán ser subsanadas por el contratista.

Una vez aprobadas el 100% de las observaciones, el adjudicatario podrá seguir con la implementación del proyecto. Si el contratista no pudiese subsanar estas observaciones para la Red WSAN, en un plazo de sesenta días corridos desde la fecha de su notificación por parte de la municipalidad, se podrá poner término anticipado al contrato y a hacer efectiva la Boleta de Garantía de Fiel Cumplimiento del Contrato.

El adjudicatario deberá hacer entrega a la municipalidad de toda la documentación utilizada para las pruebas y demostraciones, la cual debe incluir al menos la metodología de implementación, diagrama de arquitectura, planos, protocolo de pruebas, procedimientos, diagrama de avatar IoT, objetivos y conclusiones derivadas de su implementación y los artefactos de *software* que pudiesen ser requeridos para establecer la conectividad e interoperabilidad de los dispositivos finales que formen parte de las dos aplicaciones señaladas, tales como: diseño y arquitectura de *software*, casos de uso, diagramas de clases, drivers, firmwares, programas ejecutables, código abierto, SDK (*Software Development Kit*), entre otros.

Una vez que la municipalidad apruebe los testeos y demostraciones señaladas para verificar el correcto funcionamiento, la conectividad y la interoperabilidad de la Red WSAN desplegada, así como la fiscalización de la Subtel, se dará por cumplida la inspección técnica de la Red y el adjudicatario podrá seguir con la implementación del proyecto.

Plan de prueba El oferente debe presentar un plan de prueba tentativo para facilitar la recepción conforme. Este plan debe considerar etapas o fases ya sea por zonas geográficas y/o gateways, indicando el método para verificar cada nivel de despliegue alcanzado.

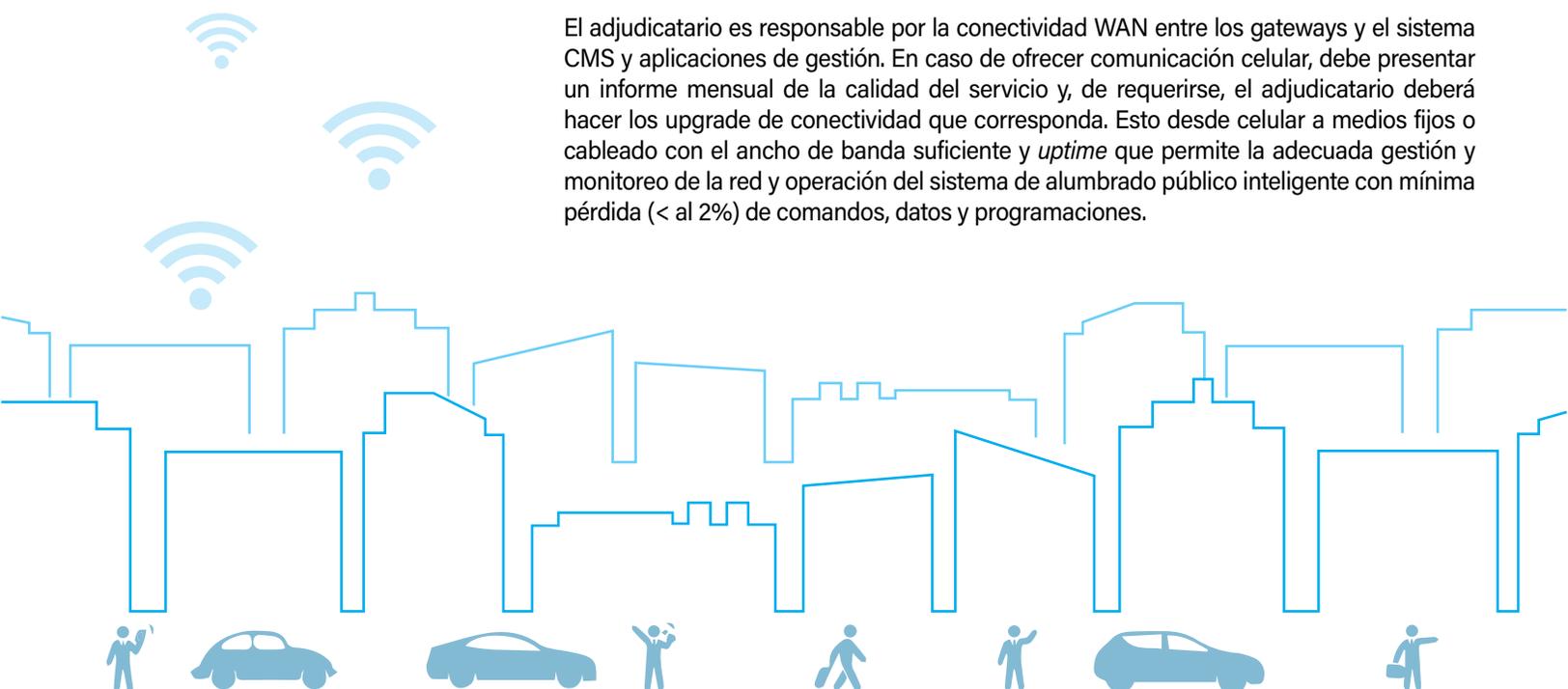
Plan de proyecto El oferente debe presentar un plan de proyecto para el despliegue de la Red WSAN y de los controladores luminarias, prueba en marcha del CMS y aplicaciones, planes de pruebas, recepción conforme, etc. Todo lo cual conforme los plazos establecidos en la licitación.

El oferente debe presentar un plan de capacitación para los usuarios administradores del municipio en toda la funcionalidad del CMS ofertado.

Niveles de servicio El adjudicatario, durante la vigencia del contrato, debe brindar a su costo el soporte técnico preventivo, correctivo y especializado con escalamiento al fabricante de la Red WSAN.

El nivel de servicio debe permitir lograr una disponibilidad de la Red WSAN de al menos un 95% mensual.

El adjudicatario es responsable por la conectividad WAN entre los gateways y el sistema CMS y aplicaciones de gestión. En caso de ofrecer comunicación celular, debe presentar un informe mensual de la calidad del servicio y, de requerirse, el adjudicatario deberá hacer los upgrade de conectividad que corresponda. Esto desde celular a medios fijos o cableado con el ancho de banda suficiente y *uptime* que permite la adecuada gestión y monitoreo de la red y operación del sistema de alumbrado público inteligente con mínima pérdida (< al 2%) de comandos, datos y programaciones.



Aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta

En este capítulo se revisarán los siguientes puntos:

- **Aplicaciones inteligentes para una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Modelo de arquitectura TICs en una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Aplicaciones y servicios de una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Desarrollo de soluciones o aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta en otros países y Chile**
- **Beneficios de las aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Desafíos y futuro de las aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta**

Aplicaciones inteligentes para una Ciudad Inteligente Abierta

Según el BID (2016), una ciudad se vuelve más eficiente en la medida en que es capaz de obtener datos generados en el ambiente, en las infraestructuras instaladas por prestadores de servicios y ciudadanos en los edificios y en las calles, para luego procesar esos datos y transformarlos en información que facilite la toma de decisiones capaces de mitigar, organizar, anticipar o prevenir innumerables retos urbanos, de tal manera de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Por ejemplo, en Londres, si Ud. quiere evitar obras viales en su trayecto o saber cuánto debe esperar para el próximo bus, lo más probable es que Ud. use una aplicación móvil o una página web para encontrar su mejor ruta o verificar retrasos. Según un estudio de Deloitte (2018,a), Londres aplicó una política de datos abiertos para su sistema de transporte, generando un ecosistema de 13.000 desarrolladores, que tienen acceso a 80 fuentes de datos. Esto produjo cerca de 750 aplicaciones, que son usadas por el 42% de los londinenses, a lo que se suma el sitio web del Transporte de Londres, que es empleado por el 89% de sus ciudadanos. Todo ello ha significado un ahorro de entre 70 y 90 millones de libras al año, si se considera el tiempo ahorrado al utilizar las aplicaciones abiertas basadas en datos para planificar sus viajes con mayor precisión. Además, esta política apoya la innovación y la generación de nuevos empleos, que se estiman en 730 por el desarrollo de las aplicaciones.

A continuación, y como introducción de este capítulo, se describirá brevemente un modelo de arquitectura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) en una Ciudad Inteligente Abierta (según UNE 178201, 2016), para comprender cómo se capturan los datos a través de los sensores, para luego almacenarlos y gestionarlos para la generación de aplicaciones y servicios digitales a la ciudad.

Modelo de arquitectura de TICs en una Ciudad Inteligente Abierta

Una arquitectura TIC es un conjunto complejo de componentes, bloques funcionales, hardware, redes de comunicaciones, servicios y aplicaciones que interaccionan entre sí y cuya influencia es capital para el correcto desarrollo de la Ciudad Inteligente Abierta.

Según la recomendación UNE 178201, las redes de telecomunicaciones y el hardware pertenecen a la infraestructura física, pero las aplicaciones y los servicios TICs son la base del correcto funcionamiento del resto de sistemas y sus relaciones.

Esta arquitectura ha de cubrir áreas geográficas diferentes, utilizar múltiples tecnologías, ser válida para diferentes tipos de ciudades y operar a lo largo del tiempo. La evolución tecnológica, la introducción paulatina de las redes convergentes y los nuevos paradigmas como la Internet de las Cosas (IoT) o los Servicios Cloud, requieren una arquitectura TIC que sea capaz de cubrir la totalidad de las necesidades presentes y futuras necesarias para conseguir el objetivo de Ciudad Inteligente Abierta.

Los principios básicos que debe cumplir la arquitectura TIC es que esté basada en estándares, sea flexible, escalable y tolerante a fallos. También ha de proveer seguridad, protección de la información (privacidad) y un conjunto de servicios avanzados. En la figura 4.1, la recomendación UNE-178201 propone una arquitectura funcional basada en capas para facilitar el establecimiento de una clasificación jerárquica de los diferentes

elementos de la estructura TIC y sus relaciones. Se ha definido un modelo funcional donde cada capa posee sus propias funciones y establece relaciones con las capas adyacentes o con el entorno exterior a través de un modelo cliente-proveedor.

La figura 4.1 permite a los usuarios: personas, máquinas inteligentes y procesos, establecer relaciones de comunicación entre sí (comunicaciones humano - humano, humano - máquina y máquina - máquina), con la infraestructura física no TIC formada por los elementos físicos susceptibles de ser gestionados por la infraestructura TIC y, finalmente, el "medio natural" que define las características físicas propias de la ciudad.

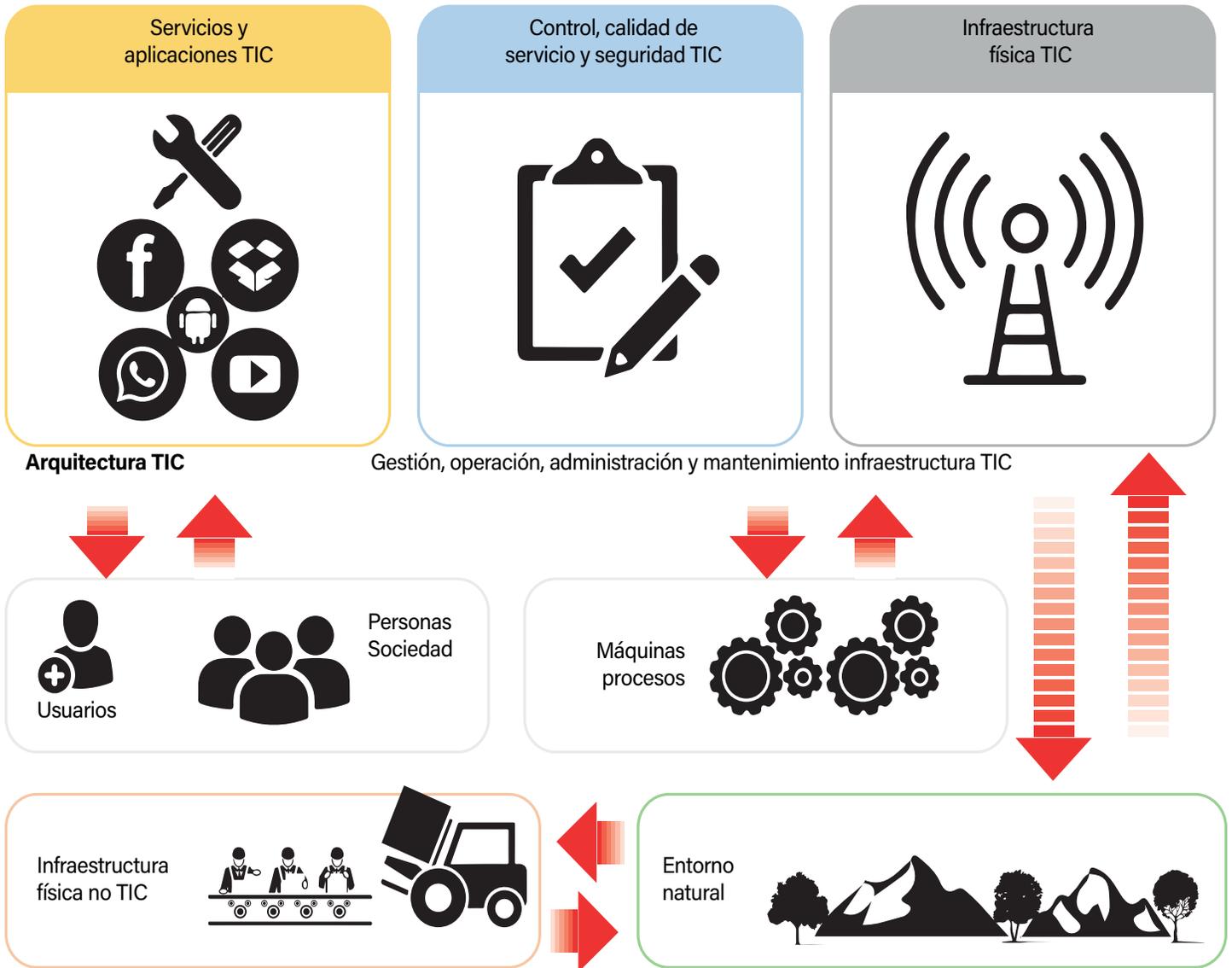


Figura 4.1: Arquitectura TIC de una Ciudad Inteligente / Fuente: elaboración propia en base a UNE-178201 (2016).

Entorno natural

Se refiere a los aspectos medioambientales que caracterizan la ciudad y que son relevantes para el despliegue de las infraestructuras físicas. La orografía y climatología son ejemplos de esta capa.

Infraestructuras físicas no TIC

Esta capa contiene todos los elementos físicos que se utilizan para el funcionamiento de la ciudad, que permiten a los ciudadanos obtener los recursos que necesitan y que pueden ser gestionados por la infraestructura física TIC. Edificios, carreteras, suministro de energía, agua o gestión de residuos son ejemplos de esta capa.

Usuarios Esta capa representa al elemento más relevante de la arquitectura TIC de la Ciudad Inteligente Abierta: el individuo, las máquinas-procesos y sus relaciones tanto con otras personas como con el entorno. Esta capa utiliza los recursos necesarios de la estructura TIC para conseguir los objetivos perseguidos. A través de interfaces normalizados se pueden definir modelos de relación, como, por ejemplo, las comunicaciones entre personas (telefonía, redes sociales), de personas con el entorno (acceso a bases de datos, lectura de sensores) y máquinas entre sí (sistemas automáticos de adquisición de datos y control).

Servicios y aplicaciones TIC Esta capa contiene los servicios y aplicaciones de Ciudad Inteligente Abierta que se ofrecen a la sociedad o a la infraestructura física. Estos servicios están soportados por la infraestructura TIC y son piezas básicas para construir las aplicaciones de Ciudad Inteligente Abierta. Servicios de transporte y movilidad, administración electrónica, negocio electrónico, seguridad y emergencia, salud inteligente, turismo, educación, edificios/urbanismo inteligente, gestión de residuos, energía y agua son ejemplos de esta capa.

En la figura 4.2 se especifica, hasta el primer nivel, los elementos que componen esta capa.

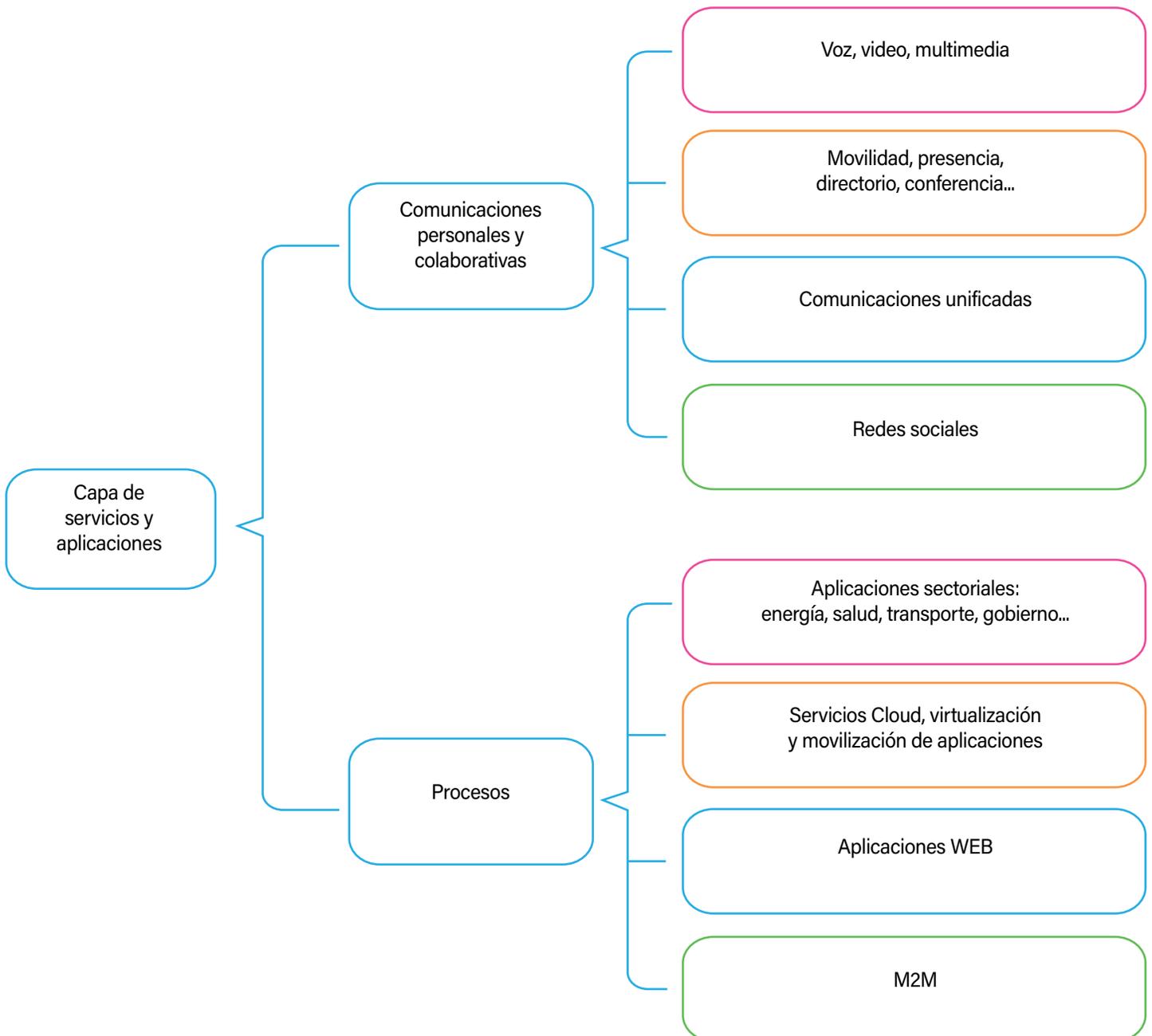


Figura 4.2: Taxonomía de la Capa servicios y aplicaciones TIC. Fuente: UNE-178201 (2016).

La provisión de información en tiempo real sobre entornos urbanos es importante para ejecutar diferentes aplicaciones y servicios útiles. Si uno considera el modelo de Ciudad Inteligente Abierta propuesto en la norma UNE 178201 (2016), que considera dimensiones en: economía, ciudadanía, gobernanza, movilidad, entorno y bienestar inteligentes, se puede encontrar un mayor o menor grado de desarrollo aplicaciones, con un espectro bastante amplio. Por ejemplo, la información de viajes en tiempo real es esencial para las aplicaciones que permiten a las personas planificar viajes en transporte público: el usuario podría tener información en tiempo real sobre cuándo llegará el próximo autobús o tren. Otro ejemplo es una aplicación que recopila y distribuye información en tiempo real sobre dónde se puede acceder al estacionamiento para que los conductores puedan encontrar rápidamente espacios libres. El acceso a datos adecuados representa una oportunidad para que los desarrolladores creen aplicaciones. De esta manera, las partes interesadas pueden acceder a amplios servicios en línea, con portales para información básica, servicios a los ciudadanos, negocios y turismo, todos basados en una infraestructura común. Las ciudades inteligentes están desplegando servicios en línea en diferentes sectores de las ciudades.

Los municipios y otras instituciones públicas en Chile pueden orientar el desarrollo de aplicaciones, mediante la clasificación propuesta por el Observatorio Nacional de la Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (Ontsi, 2015) de España. Esta define tres tipologías distintas de servicios para cada una de las seis dimensiones del modelo de la norma UNE 178201 (2016), para las Ciudades Inteligentes. Estos servicios son:

- 1) Servicios destinados a la ciudad: se refieren a aquellas infraestructuras o servicios que tiene como principal destinatario al conjunto de la ciudad y a sus espacios públicos, o que se centran en la mejora de la gestión de los mismos.
- 2) Servicios de atención y relación con el ciudadano: son aquellos que se centran en facilitar la interacción de los ciudadanos y empresas con la administración local y con los servicios municipales.
- 3) Servicios de soporte a una Ciudad Inteligente Abierta: son activos, recursos o servicios habilitantes o dinamizadores del desarrollo de una Ciudad Inteligente Abierta.

A continuación, se presenta una propuesta general de cómo clasificar las aplicaciones según su ámbito. Por ejemplo, si consideramos el eje de movilidad inteligente, podemos observar los tres tipos de servicio que se muestran en las figuras 4.3. y 4.4., basados en el estudio Ontsi (2015).



Figura 4.3.- Servicios de ciudad en el eje de movilidad inteligente /Fuente: estudio Ontsi (2015).



Smart mobility

Servicios de ciudad

Servicios de Atención y relación con el ciudadano

Servicios de soporte a una Ciudad Inteligente Abierta

Conectividad TIC

- Cobertura móvil
- Zonas wifi público

Smart Mobility

Servicios de ciudad

Servicios de Atención y relación con el ciudadano

Servicios de soporte a una Ciudad Inteligente Abierta

Transporte y tráfico

- Aplicaciones para bicicletas compartidas
- Aplicaciones para puntos de recarga eléctrica y/o bencineras
- Aplicaciones de horarios y paraderos en el transporte público

Figura 4.4.- Servicios de soporte a una ciudad y de atención en relación con el ciudadano en el eje de movilidad inteligente
Fuente: estudio Ontsi (2015).

Desarrollo de soluciones o aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta en otros países y en Chile

A continuación, se presentan ejemplos de soluciones o aplicaciones Ciudad Inteligente Abierta en diferentes partes del mundo.

Israel

El récord de Israel en innovación para el desarrollo de soluciones avanzadas en campos como seguridad nacional, TIC, transporte, agua, tecnologías limpias y tecnologías para el cuidado de la salud provee ideas y productos a las ciudades y a los gobiernos locales que pueden generar ciudades inteligentes. Las ideas no son secundarias a los productos ya que, en esta etapa inicial, la habilidad para imaginar cómo pueden funcionar las ciudades es crucial. Las ciudades inteligentes son lugares en los que la gente puede vivir, trabajar y divertirse utilizando servicios municipales más inteligentes, más eficientes y económicos.

Israel ha utilizado soluciones de vanguardia para ciudades inteligentes que se han desarrollado o utilizado en los ecosistemas israelíes de empresas, universidades, gobiernos y startups. Como Israel es un país que cuenta con limitados recursos de agua y combustible, no es de sorprender que se generaran soluciones en materia de agua y energía. Por lo tanto, tampoco sorprende que la industria local de startups haya desarrollado fuertes aptitudes y conocimiento en áreas como la tecnología del agua y la energía renovable. En la figura 4.5 se presenta el número de startups ligadas a desarrollos de aplicaciones en ciudad, según Toch (2016).

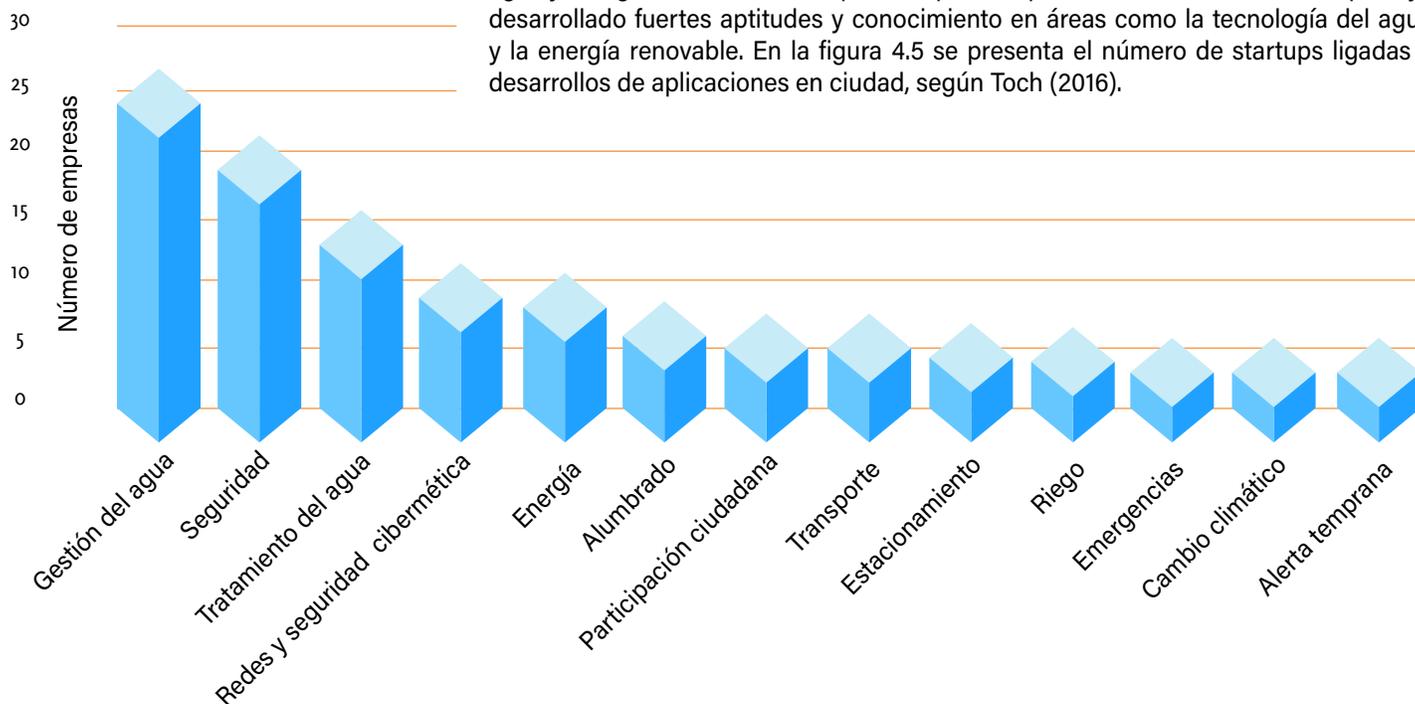


Figura 4.5 El número de startups en las diferentes categorías de aplicaciones para ciudades inteligentes. / Fuente: Toch (2016).

España Es este país hay varias ciudades que cuentan con aplicaciones TIC. Barcelona (2020), es una de la más avanzada en temas de Ciudades Inteligentes Abiertas. En la página web de su ayuntamiento se puede encontrar un directorio de aplicaciones municipales de utilidad al servicio de los ciudadanos sobre temáticas tan diversas como la cultura y el ocio, la movilidad y los transportes, la tecnología, el turismo y otros servicios. Otra ciudad importante en el desarrollo de las Ciudades Inteligentes Abiertas es Santander, cuyo ayuntamiento Santander (2017), pone aplicaciones a disposición de los ciudadanos, y a través de las cuales ofrece algunos tipos de servicios. Algunas de estas son:

- Santander al Móvil: está enfocada en concentrar todas las aplicaciones del ayuntamiento en una sola. No requiere ningún registro por parte del usuario.
- Santander Visual: ofrece al ciudadano la posibilidad de conocer cómo era Santander en el pasado a través de un juego.
- SmartSantanderRA: es la aplicación emblemática del ayuntamiento. Desarrollada dentro del Proyecto Smart Santander, ofrece al ciudadano un gran volumen de información usando realidad aumentada. No requiere ningún registro por parte del usuario.
- Pulso de la Ciudad: a través de ella los ciudadanos crean eventos.
- Medcitas: permite a los ciudadanos concertar citas con los distintos médicos especialistas en cada materia, en función de la disponibilidad de cada uno. También permite que el ciudadano pueda valorar a los profesionales. Requiere registro de usuario.
- eJoven: concentra toda la información que Santander ofrece a los jóvenes.
- Smarter Travel: se desarrolló dentro del marco del proyecto europeo Smart Santander y ofrece información del estado del tráfico en la ciudad.

Casos de otras ciudades En la página web de Postscapes (<https://www.postscapes.com/#smart-city>) se presentan innovadoras aplicaciones y estudios de caso de Ciudades Inteligentes Abiertas utilizando la IoT, así como las aplicaciones móviles de ciudades inteligentes de Ámsterdam, Nueva York, Londres y Barcelona. En esta página se ofrece una descripción general de los proyectos/productos de Ciudad Inteligente Abierta IoT implementados y las compañías que los han creado y, además, se enumera una gama de aplicaciones de teléfonos inteligentes disponibles para las principales ciudades y sus características.

Santiago de Chile En la Región Metropolitana, al igual que en otras ciudades y países, existen las aplicaciones de carácter privado como Uber, Waze, Airbnb, Sosafe entre otras.

Por parte de los municipios, se encuentra aplicaciones como:

- Vecino activo: es de la Municipalidad de Las Condes y sirve para registrar problemas que los vecinos detecten en la calle, por ejemplo, baches, luminarias no encendidas, para hacer seguimiento y ver las soluciones al incidente reportado.
- La Reina Recicla: es de la Municipalidad de La Reina y sirve para hacer seguimiento del recorrido del camión de basura y saber cuándo pasara y qué se puede votar para reciclar.
- APP Sport Partners: es de la Municipalidad de Vitacura y permite que los vecinos se encuentren con quienes comparten intereses, de acuerdo con la ubicación, edad y nivel asociado al deporte, y puedan compartir fotos y videos, entre otras posibilidades.
- Voy & Vuelvo: es de la Municipalidad de Puente Alto y sirve para compartir viajes en automóviles.

Las ciudades son estructuras de servicios y estos servicios son procesos a través de los cuales las personas interactúan. A menudo consumen o transforman recursos y, por lo general, requieren algún tipo de pago o intercambio. Los servicios prestados en las ciudades inteligentes deben ser fáciles de usar, eficientes, receptivos, abiertos y sostenibles para el medioambiente. Los ciudadanos y otras partes interesadas esperan servicios públicos de alta calidad que transformen y mejoren su calidad de vida diaria. Existe una presión sobre las ciudades para optimizar la gestión de los servicios urbanos, proporcionar infraestructuras y servicios mejores y más eficientes, a menudo a un menor costo. El objetivo general es brindar servicios de mayor calidad de manera más eficiente, para lograr un ahorro en el tiempo del personal y los costos de entrega de los servicios, y brindar un servicio seguro, conveniente y eficiente.

En un estudio realizado por Ontsi (2015), se cuantificaron los beneficios para un conjunto de servicios claves para los municipios desde el punto de vista de la gestión pública y la demanda ciudadana, como, por ejemplo:

- En la recogida de residuos sólidos urbanos se puede ahorrar un 11% por reducción del tiempo efectivo de recogida y optimización de la flota.
- Para el caso de conservación de parques y jardines se estima una reducción de hasta un 30-35% de consumo de agua, de 5% del consumo energético y de 15% del gasto en mantenimiento.
- Para el caso de estacionamientos, se puede lograr una reducción del tiempo de encontrar estacionamiento de hasta un 50%, una disminución del 5%-10% en los gastos del personal de vigilancia e incidencias y un incremento de los ingresos municipales por estacionamiento regulado de entre el 10%-20%.

Un caso emblemático es Barcelona (Cisco, 2014), que a través de sus iniciativas de Ciudad Inteligente Abierta ha mejorado la calidad de vida de sus ciudadanos y de su economía. Al usar nuevas tecnologías de TIC de manera multidireccional para transformar la ciudad, ha logrado incrementar en USD 50 millones por año los ingresos de estacionamiento gracias a la tecnología de estacionamiento inteligente. Además, ha generado 47.000 nuevos puestos de trabajo gracias al modelo "Barcelona, ciudad inteligente".

Finalmente, un estudio del McKinsey Global Institute (2018), indica que las aplicaciones en las ciudades que usan tecnologías inteligentes de manera efectiva pueden lograr un progreso significativo en la calidad de vida, tales como tiempo ahorrado, resultados de salud y seguridad, impacto ambiental, conectividad social y participación cívica.

Por ejemplo, este estudio estima que se puede:

- Reducir las muertes en un 8-10% por medio de televigilancia inteligente.
- Acelerar tiempos de respuesta de emergencia en un 20-35% mediante aplicaciones como la optimización del centro de llamadas, que permite un procesamiento más rápido a través de un triage más preciso y el enrutamiento de llamadas digitales.
- Acortar el tiempo promedio de viaje en un 15-20% mediante aplicaciones de movilidad.
- Reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero en un 10-15% y reducir el consumo de agua en un 20-30%.

En la figura 4.6 se presenta la mejora potencial a través del uso actual de aplicaciones de Ciudad Inteligente Abierta, donde estas pueden mejorar algunos indicadores clave de calidad de vida en un 10 a 30%.



Figura 4.6 Beneficios estimados en la calidad de vida mediante el uso de aplicaciones. Fuente: elaboración propia en base a Mckinsey (2018).

Desafíos y futuro de las aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta

El escenario tecnológico futuro, dentro de las Ciudades Inteligentes Abiertas, se debe fundamentar sobre la base del desarrollo de aplicaciones que analicen y generen datos útiles para la ciudadanía. En un estudio realizado por Barceló Ugarte et al. (2017) sobre las aplicaciones digitales de Valencia, La Coruña y Burgos -que son pioneras en el área de las Ciudades Inteligentes Abiertas-, concluyeron que es necesario tener políticas de fomento y acciones que propicien, tanto desde los poderes públicos (por ejemplo, municipios) como desde iniciativas privadas, el acceso y comprensión de todo lo que rodea a las ciudades inteligentes. Esto, ya que de nada sirven los nuevos desarrollos para unos ciudadanos que con dificultad entienden y manejan los lenguajes y aplicaciones digitales o, por el contrario, desconocen la existencia de dichas aplicaciones, como deja traslucir el bajo número de descargas que han obtenido las que se estudiaron. En otros casos, indica el estudio, no todas las aplicaciones que se desarrollan son útiles o interesantes y en ocasiones no son más que una prolongación adaptada de los contenidos de la página web corporativa o institucional, lo que les resta valor añadido y genera duplicidad innecesaria de la información.

El estudio de McKinsey Global Institute (2018), ya mencionado, analiza docenas de aplicaciones inteligentes que serán relevantes para las ciudades hasta 2025, las que se presentan en la figura 4.7.

SEGURIDAD

Vigilancia predictiva / Mapeo en tiempo real / Detección de disparos de arma de fuego / vigilancia inteligente / optimización de la respuesta de emergencias / cámaras usables en el cuerpo / Sistemas de alerta temprana para emergencias / aplicaciones de alerta personales / Sistemas de seguridad para el hogar / Inspecciones de edificios en base a análisis de datos / Manejo de multitudes.

1



MOVILIDAD

Información de transporte público en tiempo real / Pago digital del transporte público / vehículos autónomos / análisis predictivo de las mantenencias de instalaciones de transporte público / Señales de tráfico inteligentes / micro tránsito en base a demanda / estacionamientos inteligentes / viajes compartidos / automóviles de uso compartido / bicicletas de uso compartido / información multimodal integrada / asistencia de manejo en tiempo real / distribución de paquetes inteligente / lockers inteligentes para entrega de paquetes.

3



AGUA

Medición del consumo de agua en tiempo real / detección y control de filtraciones / riego inteligente / monitoreo de la calidad del agua.

5



DESARROLLO ECONÓMICO Y VIVIENDA

Patentes y permisos comerciales digitales / formularios de impuestos digitales / programas de capacitación en línea / Educación personalizada / centros locales de trabajos digitales / permisos de obra y de uso de suelo digitales / base de datos catastral abierta.

7



SALUD

Telemedicina / Monitoreo remoto de pacientes / dispositivos inteligentes usables / alertas de primeros auxilios / información de calidad del aire en tiempo real / vigilancia de enfermedades infecciosas / Control de maternidad y medicina infantil en base a análisis de datos / Control de sanidad e higiene en base a análisis de datos / Agendamientos en línea / Gestión de flujo de pacientes integrado.

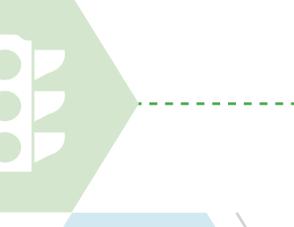
2



ENERGÍA

Sistemas de construcción automatizados / Sistemas de energización de viviendas automatizados / Sistemas de monitoreo de energía en tiempo real para viviendas / Semáforos inteligentes / Precios de electricidad dinámicos / Sistemas automatizados de distribución de electricidad.

4



BASURA

Rastreo y pago digital para la gestión de basuras / optimización de las rutas de recolección de basura.

6



PARTICIPACIÓN Y COMUNIDAD

Aplicaciones de participación ciudadana / plataformas de conexión / Servicios digitales.

8



Figura 4.7. Aplicaciones que serán relevantes para el año 2025 Fuente: elaboración propia en base a Mckinsey (2018).

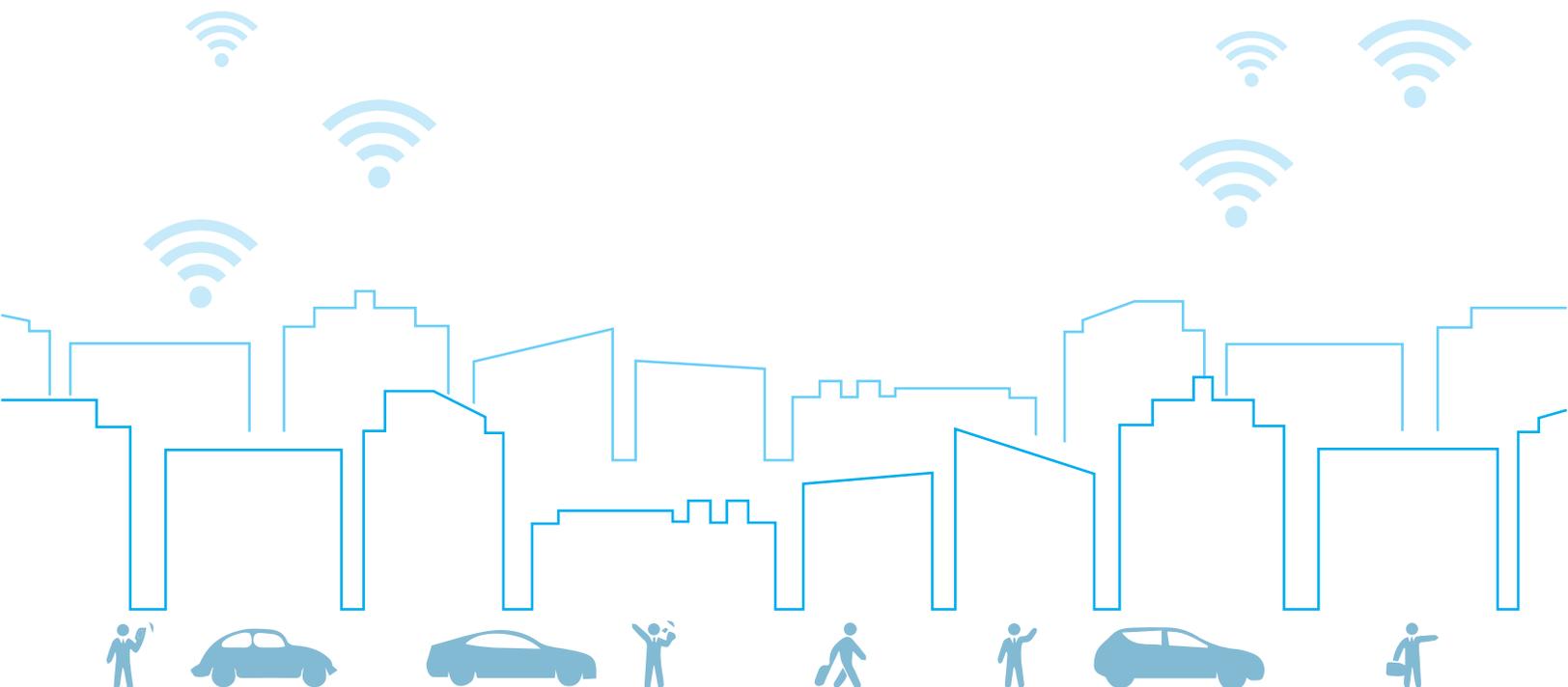
En un estudio preliminar realizado por el Club de Innovación (2019) en Chile, sobre impactos de los modelos de negocios en las ciudades futuras, se encontraron oportunidades de negocios en los siguientes ámbitos priorizados: sustentabilidad y eficiencia ambiental, involucramiento ciudadano y emprendimiento en cocreación, transformación digital y servicios.

Este estudio señala que el mayor alcance para desarrollar estos negocios e innovaciones es una relación público-privada, con un 47% de importancia, seguido por el alcance privado, con un 29%. También determinó que los principales obstáculos para el desarrollo de las oportunidades ya mencionadas son:

“Fallas de Coordinación, fallas de regulación, seguido por la falta de regulación y de estandarización entre los diferentes actores/*stakeholders* del ecosistema, así como también la ausencia de infraestructura adaptada para favorecer la materialización de este tipo de oportunidades en Región Metropolitana.”

Por ende, es necesario crear un directorio tecnológico que sea una instancia de gobernanza para el desarrollo de la Ciudad Inteligente Abierta en la Región Metropolitana, en la cual participe el gobierno regional, ministerios, municipalidades, asociaciones gremiales de proveedores tecnológicos y la academia, y que aborde la innovación en cuanto a nuevos servicios digitales como modelos de negocios, organización y coordinación de la transformación digital de los territorios.

Esto, pues los últimos puntos mencionados generan una problemática que surge de la velocidad de la revolución digital versus las transformación organizativa, institucional y normativa, que bloquea el desarrollo de la economía digital en torno a las ciudades. La situación anterior afecta a los ciudadanos que no tendrán servicios municipales de la misma calidad, con aplicaciones distintas entre municipios, inexistencia de datos abiertos que ayude a la creación de un ecosistema de innovación basada en TIC para generación de nuevos negocios en un ámbito público, público-privado y privado. Todo esto inhibe a nivel regional la creación de un territorio inteligente en beneficio de los ciudadanos. Si bien hay barreras que deben superarse y, además, el desarrollo de contenidos para las Ciudades Inteligentes Abiertas es todavía incipiente en Chile, esto representa un gran desafío para el desarrollo de ciudades y/o territorios inteligentes en Chile. Finalmente, si desea más información sobre este tema se recomienda revisar informe N° 5 (en Anexo N° 1 disponible también en <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>).



Visión general del asociativismo municipal

En este capítulo se revisarán los siguientes puntos:

- **Descripción de casos en Chile**
- **Propuesta de asociación municipal para desarrollar infraestructura habitante de una Ciudad Inteligente Abierta**
- **Compras conjuntas y economías de escala**
- **Principios**
- **Recomendaciones**

En Chile existen 345 municipalidades organizadas en torno a 15 gobiernos regionales. A partir de 1990, los diferentes municipios han ido incorporando un progresivo número de funciones, estableciéndose como encargados de la educación municipalizada, salud primaria, protección social, seguridad ciudadana, entre otras. Es posible observar que, en el contexto nacional, existe una alta heterogeneidad municipal, ya sea por el número de habitantes, por el número de prestaciones o por el nivel de ingresos y gastos institucionales, entre otras condiciones, lo cual genera la existencia de “una alta concentración y desequilibrios significativos desde el punto de vista del territorio, con las respectivas consecuencias, demandas, necesidades e impactos relacionados” (Subdere, 2010).

Por lo anterior, la posibilidad de establecer asociaciones de municipios es una oportunidad para mejorar su desempeño, considerando, además, que estas permiten beneficios tales como: generación de economías de escala en la producción de servicios públicos locales, mejoramiento de las capacidades técnicas y de la calidad en la prestación de la función municipal, fortalecimiento de las capacidades de negociación y articulación política e institucional con otros actores territoriales, entre otros (Valenzuela, 2007). De igual manera, las asociaciones municipales permiten mejorar la eficiencia en la implementación de programas públicos con enfoque territorial, así como también aquellos programas sectoriales gestionados por los municipios.

El asociativismo municipal es un tema que en Chile tiene un desarrollo, pero que aún no ha logrado todo el potencial posible. Hasta el día de hoy, existen asociaciones municipales dedicadas a conseguir posicionamiento, representación y legitimación política, que desarrollan actividades paralelas a la administración comunal. Sin embargo, si las comparamos con las actividades de las asociaciones municipales del contexto internacional, es posible reconocer que estas se orientan a la prestación de servicios públicos estratégicos, cosa que en Chile aún no ha ocurrido.

Descripción de casos en Chile

La Asociación Chilena de Municipalidades (AChM) y la Asociación de Municipalidades de Chile (AMuCH) son las organizaciones asociativas con la cobertura territorial más importantes del país, ya que agrupan gran cantidad de comunas que buscan, a través del establecimiento de redes, conseguir mayor visibilidad y fortalecer las capacidades técnicas y de gestión de sus miembros.

La AChM es una organización fundada el 10 de mayo de 1993 cuya misión declarada es “representar a los municipios de Chile ante organismos públicos, privados, regionales, nacionales e internacionales y apoyar política y técnicamente a sus asociados en la profundización de la democracia, la descentralización, el mejoramiento y modernización de la gestión municipal”. Presidida al año 2020 por el alcalde de Puerto Natales, Fernando Paredes Mansilla, agrupa a 313 municipalidades de todo el país.

La AMuCH, presidida al año 2020 por el alcalde de Estación Central, Rodrigo Delgado, se propone ser el representante líder de los municipios del país. Esta asociación se define como una institución democrática, preocupada de que los municipios miembros cumplan su rol, con innovación y excelencia. Su compromiso es capacitar y apoyar a las autoridades y funcionarios municipales, fortalecer el asociativismo municipal, como también fortalecer la descentralización del Estado. Es un centro generador de contenidos propios, como estudios, encuestas y libros, con los cuales aporta al debate y reflexión de temáticas de interés nacional. El año 2019 contaba con 82 municipalidades asociadas. Los actores del asociativismo municipal en Chile son:

Los actores del asociativismo municipal en Chile son:



Figura 5.1 Los actores del asociativismo municipal en Chile / Fuente: elaboración propia.

Existen en este momento algunos ejemplos de éxito que hablan de posibilidades de agrupación y acción conjunta por parte de diversas municipalidades, en organizaciones de diversas escalas y con diversas finalidades. Estas agrupaciones de asociativismo municipal corresponden a las que se establecen de manera específica, para tratar temáticas o preocupaciones comunes (seguridad, gestión de residuos, etc.), como resultado de una cercanía geográfica o de un trasfondo histórico común. Con respecto a estas agrupaciones se pueden destacar los siguientes casos:

La Asociación de Municipalidades para la Seguridad Ciudadana de la Zona Oriente (Amszo), que agrupa a las municipalidades de Vitacura, Las Condes y Lo Barnechea, con la finalidad de actuar coordinadamente en temas relacionados con control del crimen y seguridad ciudadana.

La Asociación de Municipalidades para la Recuperación del Barrio Mapocho La Chimba, integrada por las municipalidades de Santiago, Recoleta e Independencia, que surge por cercanía geográfica y por afinidad histórico cultural en torno a la idea de "La Chimba". Esta agrupación busca reactivar y potenciar este sector histórico con proyectos conjuntos, con fondos tanto nacionales como extranjeros.

La Asociación de Municipalidades para la Seguridad Ciudadana o Liga Antidelincuencia, constituida en 2016 por las municipalidades de Estación Central, Santiago y Providencia. Este proyecto tiene entre sus objetivos reforzar la seguridad en el eje Alameda-Providencia, además de cuidar los espacios públicos en zonas limítrofes como Plaza Italia y Parque Bustamante. Las estrategias y operativos de seguridad se coordinan en conjunto con Carabineros de Chile y la Policía de Investigaciones (PDI).

Asociación de Municipalidades Rurales de la Región Metropolitana (AMUR), constituida por 18 municipios, entre ellos Pirque, Til Til, El Monte, Talagante, Peñaflo, Padre Hurtado, Melipilla, Colina, Paine, San Pedro y Alhué.

Asociación Metropolitana de Municipalidades de Santiago Sur para la Gestión Ambiental y de Residuos, constituida por los municipios de El Bosque, La Granja, Lo Espejo, La Pintana, Pedro Aguirre Cerda, San Joaquín y San Ramón.

Asociación de Custodia Metropolitana de Vehículos, servicio al que actualmente se encuentran adheridos varios municipios a través de un convenio suscrito con el Ministerio de Obras Públicas. Lo integran, entre ellos, Cerrillos, Cerro Navia, Conchalí, El Bosque, Estación Central, Independencia, La Cisterna, La Florida, La Granja, La Pintana, La Reina, Lo Barnechea, Lo Prado, Macul, Ñuñoa, Peñalolén, Vitacura, Puente Alto, Quinta Normal, Quilicura, Recoleta, Renca, San Bernardo, San Miguel y Santiago.

Asociación de Municipios Rivera Sur del Maipo, constituida por los municipios de Buin, Pirque y Paine.

Existen, además, cerca de 15 otras asociaciones municipales de carácter temático distribuidas por el país (Subdere, 2014), orientadas a temas diversos, como: gestión de residuos sólidos, gestión de ambientes saludables, identidad indígena, administración de casinos de juego y fomento productivo. La figura 5.2 representa las sinergias comunales.



Figura 5.2. Representación de sinergias comunales / Fuente: elaboración propia.

Propuesta de asociación municipal para desarrollar Infraestructura Habilitante de una Ciudad Inteligente Abierta

Actualmente, diversas municipalidades están buscando convertirse en Comunas Inteligentes, con diversas iniciativas como gestión de alumbrado público a distancia o control de estacionamientos, que buscan optimizar las respuestas de seguridad ciudadana, con cámaras, drones y otros. Una vez que estas iniciativas se masifiquen, la coordinación entre las diversas Comunas Inteligentes será de suma importancia, ya que la potencial sinergia producto de la integración de información y la interoperabilidad tecnológica permitirá una coordinación de escala regional.

Dependiendo de la manera en que se organiza el gobierno de una ciudad propiamente tal, la estructura que permite establecer una gobernanza inteligente varía. En muchos casos, las ciudades poseen un gobierno centralizado y único que da cuerpo al gobierno de una ciudad, como una alcaldía única que supervisa la gestión de la metrópolis completa.

Al enfrentar un proyecto de desarrollo de Infraestructura Habilitante para Ciudad Inteligente Abierta, una asociación entre municipios presenta oportunidades útiles para conseguir un resultado efectivo en la implementación de los diversos sistemas de gestión de datos, redes de comunicación y sensorización. Esta asociación puede definirse en función de un territorio común o proximidad/vecindad entre comunas, o en función de temáticas de interés para el desarrollo común.

Un caso de referencia para la coordinación municipal es la Red Española de Ciudades Inteligentes (Reci, 2020), por la capacidad de establecer una coordinación entre los diversos actores del territorio español. Formada el año 2012, agrupa a 76 ciudades (marzo de 2017) a lo largo y ancho de España. Si bien la estructura reúne diversas ciudades, distantes entre sí, la experiencia española otorga algunas luces de los beneficios que podría otorgar un ente coordinador para las distintas iniciativas inteligentes de comunas coordinadas. Estos beneficios son:

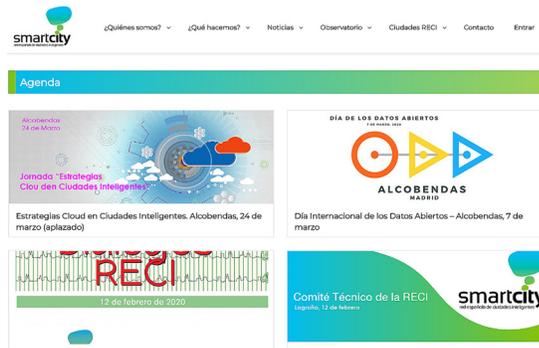


Figura 5.3. Sitio Web de la Red Española de Ciudades Inteligentes Abiertas RECI
Fuente: <http://reddeciudadesinteligentes.es/>

- **Visibilidad e impacto:** contribuye a visibilizar temáticas de Ciudades Inteligentes Abiertas, al definir una institucionalidad mayor que la figura de la alcaldía y, de esta manera, permite mayor influencia frente al gobierno central u otras instituciones, en la definición de políticas o lineamientos que potencien estas temáticas.
- **Impacto económico:** beneficios económicos para las ciudades miembros de la red, que se traducen principalmente en dos escalas: la primera es la baja en los gastos operacionales de las ciudades, al enriquecerse con las experiencias ya realizadas y así poder optimizar sus propios procesos; la segunda es a través de la postulación conjunta a fondos gubernamentales.

Compras conjuntas y economías de escala

Un segundo aspecto útil al momento de enfrentar el desarrollo de un plan maestro de Infraestructura Habilitante para Ciudades o Comunas Inteligentes Abiertas corresponde a la asociación para el desarrollo de compras conjuntas, al momento de licitar tanto el recambio de luminarias como la red de sensorización IoT.

Se entiende por compra conjunta aquella que realiza un grupo de compradores, previamente concertados, con el objetivo de obtener mejores precios o mejores condiciones comerciales, al disponer de un mayor poder de compra.

Las compras conjuntas deben ceñirse a las disposiciones de la Ley N° 19.886 y a su Reglamento, y se tramitarán de acuerdo con el respectivo procedimiento, según se trate de licitación pública, licitación privada o una gran compra vía convenio marco. Los criterios para definir una compra conjunta están definidos en la Directiva de la DCCP N°29 (Chilecompra, 2017), sobre recomendaciones para compras conjuntas, que tiene a su vez como antecedente la Directiva N°26, sobre recomendaciones para compras eficientes. La Directiva N°29 (Chilecompra, 2017), entiende que la compra conjunta representa una buena práctica en el sentido de lo que persigue la Directiva N°26, (Chilecompra, 2018, b), a saber, "fomentar la eficiencia de las compras públicas mediante acciones efectivas". En efecto, realizar conjuntamente procesos de compra entre dos o más órganos públicos permite la posibilidad de una adquisición eficiente, que logra ahorros al utilizar menores cantidades de recursos, monetarios y no monetarios, para obtener resultados esperados. De esta manera, se puede hacer de la contratación pública un instrumento estratégico para la buena administración.

En tal sentido, señala la Directiva N°29, (Chilecompra, 2017), "resulta necesario impulsar la realización de procesos de compra de forma conjunta entre varias instituciones, para adquirir bienes y servicios estandarizables, en donde no se observen diferencias sustanciales en los requerimientos de los órganos concurrentes y que, en lo posible, el factor determinante de selección sea el precio".

Las compras conjuntas se han de admitir cuando se presentan las siguientes condiciones:

- a) Homogeneidad de la demanda
 - b) Economía a escala
- La estandarización de bienes y servicios.
 - La dispersión geográfica, de modo que las decisiones logísticas no impacten en las condiciones de contratación o en los resultados netos del proceso de compra.
 - Estructuras organizacionales semejantes de las instituciones que adquieren.
 - Coordinación de las entidades compradoras, por ejemplo, respecto de plazos de entrega, formas de pago, etc.

Respecto de la homogeneidad de la demanda, se ha de tener en consideración lo siguiente:
En cuanto a las compras conjuntas, se pueden visualizar las siguientes etapas.

- Coordinación de acciones.
- Definición de bienes y servicios que se contratarán.
- Definición del formato de oferta.
- Consolidación de la demanda y redacción de bases de licitación u orden de compra, según corresponda.
- Publicación de las bases de licitación o de la intención de compra en el Sistema de Información (www.mercadopublico.cl).
- Cierre de plazo para recibir ofertas y evaluación de estas
- Adjudicación y selección de proveedores.
- Emisión de las respectivas órdenes de compra, suscripción de contratos o acuerdos complementarios para cada organismo.

En el caso de las municipalidades es perfectamente posible acuerdos entre varias que congreguen un espacio territorial común e interrelacionado. El convenio puede ser genérico, para eventuales compras conjuntas, o específico, para adquirir o contratar un bien o servicio especial, entre algunas tecnologías vinculadas a las Ciudades Inteligentes Abiertas.

Contenido de las bases de licitación pública

- a) Los órganos públicos concurren conjuntamente a la elaboración de un documento único de bases de licitación, que recoge los intereses de cada uno, nítidamente definidos y diferenciados.
- b) Las bases administrativas comunes deberán ser aprobadas por actos administrativos separados, sancionados por cada entidad compradora.
- c) Las diferencias de requerimiento entre las entidades compradoras no pueden ser significativas, es decir, que las características esenciales de bienes y servicios no se alteren, para no desvirtuar el requisito de homogeneidad de la demanda.
- d) Cada base de licitación determinará claramente los términos de referencia particulares que tendrá la contratación conjunta de bienes o servicios para cada órgano concurrente, en cuanto a -por ejemplo- cantidades lugares, fechas o plazos de ejecución, etc.
- e) Participación de los órganos concurrentes en el proceso de evaluación, integrando un representante de cada uno de ellos la comisión evaluadora.
- f) Suscripción de contratos separados e independientes de cada órgano público adquirente con el proveedor común, estipulando las condiciones particulares que les sean aplicables.
- g) Los órganos compradores son responsables cada uno de la gestión del contrato respectivo, de la emisión de las propias órdenes de compra, del pago oportuno de bienes y servicios, etc.
- h) Se espera, además, que el proceso de compra conjunta conlleve a que, en lo posible, el factor determinante sea el precio.

Las TICs han sido materia de atención en los últimos años por parte de los actores institucionales del Sistema de Compras Públicas. Las directivas de contratación y los lineamientos de los organismos públicos han perseverado en mecanismos de coordinación que faciliten la adquisición de estas tecnologías, especialmente cuando, por su complejidad y montos involucrados, requieran un tratamiento que las haga expeditas, funcionales, eficientes, transparentes y técnicamente calificadas.

En el ámbito de la Ley N° 19.886, para llevar adelante un proceso de compra en conformidad con los lineamientos institucionales de ChileCompra específicos para TICs, se ha de tener en consideración indicados en Directiva N° 24 (ChileCompra, 2015).

- Objeto del contrato: se aplica la ley a las compras de bienes muebles y prestaciones de servicio a título oneroso, cuyo objeto guarde relación directa con las tecnologías de la información, sin perjuicio que dichas tecnologías comprendan un abanico amplio de bienes muebles y prestaciones de servicios, tales como desarrollo de *software*, operaciones de sistemas, adquisición de hardware o *software*, análisis de datos, plataforma de datos, hosting o housing, externalización, cloud computing (en sus distintas modalidades), optimización y automatización de procesos de gestión, etc.

- Procedimiento de compra: las pautas de esta Directiva son aplicables, en primer término, a procesos licitatorios realizados por las entidades, de manera conjunta o no. Sin embargo, también contiene reglas específicas relativas al procedimiento de convenio marco en compras mayores a 1.000 UTM (grandes compras) y a ciertos casos de trato directo.
- Nivel de complejidad del proyecto: se distinguen procesos de compra estandarizados y frecuentes -como la compra de insumos o ciertas piezas-, y aquellos proyectos más sofisticados que involucran grandes volúmenes de productos, altos montos, distintas prestaciones relacionadas o mayores riesgos en la ejecución o implementación del contrato.

Respecto de las contrataciones complejas, existen recomendaciones de buenas prácticas realizadas por la DCCP, también contenidas en la Directiva N° 24.

Entre los factores que hacen de un proceso licitatorio de compra o contratación de TIC una operación compleja se encuentran:

Riesgos que inciden en la compra o contratación pública de TIC

- En el mismo contrato concurren simultáneamente varias prestaciones diferentes (por ejemplo: las soluciones integrales).
- En la operación se transan montos altos (en especial los superiores a 5.000 UTM).
- Complejidades de la definición del requerimiento o la satisfacción de este (por ejemplo: exigencias técnicas de compatibilidad o soluciones tecnológicas de mayor innovación o de punta).

La Directiva N° 24 (Chilecompra, 2015), identifica cinco clases de riesgos asociados a las contrataciones de productos y servicios vinculados directamente con las tecnologías de la información:

- Mala formulación del requerimiento técnico
- Excesiva dependencia del proveedor (lock in)
- Amenazas para la seguridad de la información
- Falta de continuidad del servicio
- Amenazas a la libre competencia

Principios

En toda compra pública pensada para Ciudades Inteligentes Abiertas deben ser considerados los siguientes principios:

Principio de neutralidad tecnológica

En virtud de este principio aplicado a la contratación de suministro y la prestación de servicios informáticos por parte de organismos del Estado, estos no deben dar preferencia a tecnología específica alguna, favoreciéndola o perjudicando expresamente a otras. Según este principio, en caso de ser necesaria optar por alguna tecnología concreta, se debe justificar fundadamente que la elección de esa tecnología fue objetiva.

Para respetar el principio de neutralidad se recomienda evitar, por ejemplo, la mención de marcas específicas en las bases de licitación, así como tampoco pedir especificaciones técnicas a la medida de productos tecnológicos concretos en que, aunque no mencione o refiera a una marca, en los hechos solo podrían participar él o los oferentes que dispongan de esa marca o características del producto, excluyendo a otros oferentes.

Por tanto, se deben indicar los estándares técnicos más que a una marca propietaria, porque de esta manera aumenta la participación. Por ejemplo, para adquirir un sistema de gestión de bases de datos, si se solicita el estándar SQL y no solo marcas como Microsoft SQL Server, Oracle, DB2 o MySQL, podrán ofertar distintos oferentes, lo que no sería factible si se licitara una marca.

En el caso de tratos directos o en las grandes compras de convenios marco, se pueden solicitar productos de marcas específicas. Sin embargo, para respetar el principio de neutralidad en un proceso de compra en que, excepcionalmente, se necesite adquirir una tecnología específica, hay que fundamentar objetiva e imparcialmente las razones.

Interoperabilidad

La gestión electrónica de la administración aspira, entre otros aspectos, al desarrollo de proyectos que coordinen la actuación de los Servicios Públicos, expresa la Directiva N° 24.

Por lo tanto, es menester analizar el grado de interoperabilidad que necesita obtener de los bienes a contratar, es decir, su capacidad para operar y comunicarse con sistemas heterogéneos. Por su parte, la intraoperabilidad es la capacidad de un sistema para integrarse a otro dentro del mismo órgano público.

También se debe poner atención a las posibles consecuencias en los usuarios -internos y externos- al integrar sistemas, migrar datos o reemplazar equipos o sistemas por otros.

Recomendaciones

Las distintas iniciativas inteligentes de comunas coordinadas tienen la ventaja de ser muy visibles (presencia en el medio) como también de alto impacto económico (como las economías de escalas).

Con el fin de asegurar un desarrollo exitoso de estas asociaciones, y lograr sustentabilidad política, económica y administrativa, se propone:

- Inscribir progresivamente la temática de asociativismo municipal en las políticas públicas con enfoque territorial.
- Potenciar el Programa de Fortalecimiento de Asociaciones Municipales de la Subdere, principalmente en cuanto a un aumento significativo en su presupuesto que no solo permita mejorar el financiamiento de proyectos de las asociaciones, sino que también diversificar sus líneas programáticas, principalmente para el desarrollo de la autonomía económica.
- Fortalecer las actividades en la red de asociaciones de municipios; para ello se debe:
- Perfeccionar la información del Registro Único de Asociaciones Municipales con Personalidad Jurídica de Derecho Privado.
- Fortalecer lazos con asociaciones de municipios internacionales.
- Abrir fuentes de financiamiento exclusivo para iniciativas presentadas por un conjunto de asociaciones municipales.
- Difundir buenas prácticas.

De igual modo, se recomienda:

- Avanzar en la identificación de los tipos de asociativismo, a fin de entregar orientación focalizada que considere los recursos y expectativas, tanto de los municipios que ya forman parte de estas orgánicas como de aquellos que aspiran a formar o integrar este tipo de organizaciones.
- Fomentar el desarrollo de las asociaciones municipales de carácter temático. Particularmente, incentivar la implementación de programas de servicios de alta relevancia a nivel local, modificando para ello la normativa, a fin de generar mejores mecanismos de coordinación con las instituciones mandantes.
- Mejorar los procesos de fiscalización, principalmente en lo referido a la aplicación de las normas del código del trabajo y del código civil en lo que compete.

Se propone que las asociaciones municipales, para alcanzar resultados exitosos, incorporen una estrategia de gestión que considere tres niveles (Unzueta, 2015):

- 1) El primero se relaciona con los factores críticos de gestión, tales como: planificación y/o visión estratégica, capacidad para formular y ejecutar proyectos, liderazgo y compromiso de los alcaldes, personalidad jurídica, atracción y disponibilidad de recursos económicos, perfil idóneo del secretario ejecutivo, claridad sobre el rol asociativo, equipo de trabajo calificado y autoestima organizacional.
- 2) El segundo nivel se relaciona con factores facilitadores, tales como trabajo en redes y resolución de conflictos a favor del interés común.
- 3) El tercer nivel se relaciona con los factores de agregación de valor público, vale decir, incorporación de aprendizajes de otras organizaciones e implementación de estrategias de cocreación para la búsqueda de nuevas soluciones.

Gobernanza en una Ciudad Inteligente Abierta

En este capítulo se revisarán los siguientes puntos:

- **Marco jurídico**
- **Políticas de corto y largo plazo**
- **Gobernanza**
- **Programas públicos y alianzas público-privadas**
- **Recomendaciones**

En el desarrollo de soluciones tecnológicas y de servicios digitales para la construcción de una Ciudad Inteligente Abierta en los municipios y ciudades de Chile, es necesario la existencia de un marco jurídico adecuado, la existencia de políticas a corto y largo plazo, estructuras que permitan la gobernanza de estos territorios inteligentes (ciudades y municipios), así como programas públicos y de alianzas público-privada que apoyen financieramente su implantación.

Es importante considerar, junto al Gran Santiago, las nuevas áreas metropolitanas, como las correspondientes al Gran Concepción, con 10 municipios, y Gran Valparaíso, con 5 municipios, como también a las conurbaciones de las áreas urbanas de La Serena (Serena - Coquimbo), Antofagasta, Iquique (Iquique - Alto Hospicio), Temuco (Temuco - Padre de las Casas), Rancagua (Rancagua - Machalí) y Puerto Montt - Puerto Varas. Todas estas unidades territoriales metropolitanas requieren plantear nuevas consideraciones en cuanto a marcos jurídicos adecuados a su escala.

Marco Jurídico

El marco jurídico existente en el país tiene una gran importancia para el desarrollo de proyectos de Ciudades Inteligentes Abiertas. Dentro de este contexto, los municipios cumplen un rol de agentes activos en la adopción e implantación de servicios digitales en sus comunas y, a la vez, son responsables de la infraestructura sobre todo si se proyecta instalar una infraestructura habilitante del tipo red IoT a partir de luminarias inteligentes, ya que tienen restricciones legales; por ejemplo, ¿se les está permitido desarrollar servicios de transmisión de datos con infraestructura propia? Además, las municipalidades deben adquirir componentes para la infraestructura y servicios para su instalación, lo cual también está regulado por la ley de contratación y compras públicas. Asimismo, la ley de protección de datos de carácter personal tiene un rol relevante, en especial cuando se sensorizan o filman espacios públicos, y respecto el manejo, almacenamiento y difusión de estos datos. Por otra parte, el uso de espectro radioeléctrico que usan las redes municipales está regulado por la Subsecretaría de Telecomunicaciones, tema que es clave cuando se quiere transmitir datos.

Por lo tanto, el impacto legal para el buen éxito de iniciativas en ciudades inteligentes es de suma importancia, ya que deben favorecer estas iniciativas.

En el informe Estudio Jurídico y Regulatorio para el Desarrollo de las Redes de Telecomunicaciones Urbanas en Chile (Corfo, Acti, Quam, Correa-Gubbins, 2019), se destacan los siguientes cuatro puntos relevantes en el ámbito jurídico:

- a) El marco normativo aplicable a las municipalidades
- b) Los gobiernos regionales
- c) Las condiciones de uso del espectro radioeléctrico de telecomunicaciones
- d) La regulación de protección de datos personales

Si bien estas son las principales regulaciones, existen otras asociadas a otros organismos, como por ejemplo: urbanismo y ciudad asociadas al Minvu, Ley N°21.105 que crea el Ministerio Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; creación de la Comisión Asesora Presidencial denominada Comité de Ministros para el Desarrollo Digital (DS N° 1/2016 de la Segpres); Ley N°21.050 que crea la División de Gobierno Digital, entre otras, que inciden en la implantación de los territorios inteligentes.

a) Municipales; en la tabla 6.1 se indican las regulaciones más importantes para los municipios que inciden en el desarrollo de las ciudades inteligentes.

Decretos y leyes	Contenido
DS Segpres N°100/2005	Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Constitución Política de la República de Chile.
DFL Min. Interior N°1/2006	Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N°18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades.
Ley N°19.862	Establece registros de las personas jurídicas receptoras de fondos públicos.
DS del Ministerio del Interior N°1161/2012	Referida a las asociaciones municipales con personalidad jurídica.
Decreto Ley N°3.063 de 1979	Ley de Rentas Municipales.

Tabla 6.1 Regulaciones jurídicas para los municipios

b) Gobiernos regionales; en la tabla 6.2 se presentan las principales regulaciones asociadas a los gobiernos regionales.

Decretos, leyes y reglamentos	Contenido
DS Segpres N° 100/2005, CPR.	Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Constitución Política de la República de Chile.
DS. Min Interior N° 131.	Regula los procedimientos y operación y distribución del FNDR.
DS Min. Interior N°946/1993.	Establece procedimientos y criterios de selección de proyectos y programas a financiar con el Programa de Mejoramiento Urbano y Equipamiento Comunal.
DS Min. Interior N°829/1998.	Reglamenta Programa de Mejoramiento de Barrios.
Ley N°21.074.	Sobre el fortalecimiento de la regionalización del país.

Tabla 6.2 Regulaciones jurídicas para gobiernos regionales

c) Uso de espectro radioeléctrico en telecomunicaciones; en relación con el tema banda e infraestructura en telecomunicaciones, las regulaciones se presentan en la tabla 6.3.

Decretos, leyes y reglamentos	Contenido
DL. Min. Transportes N° 1.762/1997	Sobre las atribuciones del ministerio.
Ley General de Telecomunicaciones N° 18.168, 1982.	Regula el uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico.
Resolución Exenta 1985, Subtel (2018).	Modifica resolución n° 1.985 exenta, de 2017, de la Subtel.

Tabla 6.3 Regulaciones jurídicas en telecomunicaciones

d) Protección de datos; en la tabla 6.4. se presentan las regulaciones de protección de la vida privada y datos personales que inciden en la implantación de soluciones de servicios digitales.

Decretos, leyes	Contenido
Ley N°20.285.	Acceso a la información pública.
Ley N°19.223.	Tipifica figuras penales relativas a la informática.
Ley N°17.336.	Propiedad intelectual.
Ley N°19.628.	Protección de la vida privada.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6.4 Regulaciones jurídicas para la protección de datos personales

En definitiva, el estudio concluye que, para el correcto y ordenado desarrollo de los proyectos de Ciudad Inteligente Abierta en los municipios y ciudades del país, es fundamental y prioritario la revisión e implementación de un marco jurídico actualizado a las nuevas realidades que requieren este tipo de soluciones.

Finalmente, propone la necesidad de establecer a nivel legal el órgano público que tendrá la atribución de liderar, potenciar y visibilizar el desarrollo de las ciudades inteligentes en forma permanente.

Políticas de corto y largo plazo

Es necesario que existan definiciones de corto y largo plazo parte del Estado de Chile para avanzar en la creación de territorios inteligentes. Para ello es necesario saber qué se quiere lograr, qué políticas deben impulsarse, qué apoyo y recursos se quieren otorgar y finalmente cuál será el Plan Nacional por seguir. Todo esto impactará positivamente a los tomadores de decisiones de las organizaciones públicas y de las privadas, al reducir las incertezas propias de la digitalización de nuestra sociedad, cuando se quieren introducir nuevas tecnologías, metodologías y formas de gestionar diferentes que tiene un alto impacto en nuestra sociedad.

En el informe Modelo de Negocios para el Desarrollo de Redes de Comunicaciones IoT Habilitantes y Multipropósito a Nivel Municipal (Corfo-Acti-Quam, 2019), los autores constatan en el ámbito político nacional: "... la ausencia, hasta hoy, de estructuras superiores que puedan implementar transversalmente políticas de alto nivel de manera uniforme y controlada, a nivel nacional o en su defecto, regional". Esta ausencia es importante, ya que tiene efectos no deseados. Por ejemplo, en la Región Metropolitana hay una falta de coordinación de los diferentes actores, lo que genera desequilibrios, como la inequidad de los servicios digitales de los municipios; falta de regulación con la ausencia de políticas, normas y procedimientos que impide el trabajo colaborativo y el aprovechamiento de las sinergias entre los distintos municipios, empresas proveedoras de tecnologías y los organismos públicos; falta de estandarización entre los distintos actores que impide la interoperabilidad; por lo tanto, no se tiene un territorio inteligente (RM), sino que territorios inteligentes fragmentados (municipios). Por ello, se sugiere impulsar una serie de políticas, que pueden ser promovidos y estudiados por un Directorio Regional Tecnológico que sea una instancia de gobernanza para el desarrollo de la Ciudad Inteligente Abierta en la RM.

A continuación, se sugieren algunas ideas de políticas que fomenten la creación de territorios inteligentes abiertos:

- a) Infraestructura inteligente: debe existir una política de desarrollo. Dentro de su marco legal, debe facilitar el despliegue de redes IoT de sensorización multipropósito, mediante incentivos fiscales, beneficios tributarios, subvenciones o regulación, como políticas de derechos de utilización (o de paso) de las canalizaciones o de las infraestructuras físicas existentes, reglamento de estandarización de protocolos para mejorar la interoperabilidad, etc.
- b) Redes de comunicación y sensorización: deben existir políticas orientadas a crear sinergias en las redes de comunicación y sensorización entre las partes interesadas. Los municipios y los gobiernos regionales son grandes usuarios de las comunicaciones y la tendencia es desarrollar sus propias redes privadas y no se genera la interconectividad que se busca en una Ciudad Inteligente Abierta. Sin embargo, para reducir costos en una lógica de economías de escala y con buenas prestaciones, se pueden contratar o construir redes con una alta capacidad, que conecten las oficinas gubernamentales, instalaciones públicas, policía, hospitales, aeropuertos, terminales de buses, bibliotecas, etc. Si se realizan estas inversiones, los gobiernos locales y regionales, además de ser usuarios claves del sistema, estimularán la demanda de servicios, en particular los de banda ancha.
- c) Asociaciones público-privadas: se deben fomentar las colaboraciones público-privadas. En general, una buena política para la construcción de una red de acceso público es la colaboración con empresas privadas que la despliegan u operan. Existen varias experiencias internacionales, tales como el sistema de gestión integrado de autobuses en Donostia (European Commission, 2016), San Sebastián, España, que es el nuevo sistema de gestión de flotas y que entró en pleno funcionamiento en 2010 y actualmente permite la planificación

y gestión eficiente, a través de una plataforma de TIC, del sistema de transporte público de la ciudad. La solución se financió mediante una combinación de recursos públicos, con un 70% proveniente de fondos de la UE, mientras que la parte restante estaba compuesta por fondos regionales.

- d) Igualdad digital: deben existir políticas orientadas a la igualdad digital. Todos los miembros en un territorio inteligente deben tener acceso a las tecnologías digitales y estar capacitados para usarlas. Aquí se deben fomentar la capacitación; facilitar el acceso a instalaciones públicas, como colegios, bibliotecas y oficinas fiscales, y programas de subsidios para acceder a la tecnología.
- e) Innovación: se deben fomentar aún más las políticas de innovación. Las comunidades inteligentes son capaces de constituir un ecosistema de innovación adecuado para alojarlas, que entre otras debe tener lo siguiente:
- La existencia de un marco fiscal adecuado, ya que una startup no puede tener el mismo tratamiento fiscal que una empresa consolidada.
 - La existencia de un marco laboral adecuado y flexible, especialmente de teletrabajo.
 - Fomentar la “cuádruple hélice”. Las comunidades inteligentes persiguen la innovación a través de una relación entre las empresas, gobiernos regionales y locales, instituciones de educación superior y ciudadanía.
 - Proteger la propiedad intelectual y facilitar su patentamiento o inscripción de derechos de autor.
 - Tener un mayor acceso al financiamiento.

Gobernanza

El creciente papel de las tecnologías en el funcionamiento de los sistemas urbanos está haciendo que los gobiernos reconsideren el papel que deben tener en una sociedad basada en el conocimiento. Gaulé et al. (2015) plantea que la gestión pública inteligente se define como la gobernanza que permite a un sistema social y sus sujetos operar eficazmente en un entorno dinámico y complejo, utilizando racionalmente sus recursos internos y externos, la toma de decisiones adecuadas/pragmáticas y avanzadas relacionadas con las circunstancias específicas con el fin de crear valor compartido. Según Kogan (2014), las principales dificultades de implementación de un proyecto de Ciudad Inteligente Abierta se centran en cinco aspectos que definió como (1) desafíos de complejidad, (2) desafíos económicos, (3) desafíos tecnológicos, (4) desafíos sociales y (5) desafíos de gobernanza y coordinación. Este último tema es el más complejo, ya que, si bien en nuestro país se han generado algunas iniciativas que han creado instancias en algunas áreas de trabajo, su accionar ha sido insuficiente; sin embargo, pueden ayudar hacia una gobernanza plena en la RM. Por ejemplo:

- a) Proyecto colaborativo de integración e interoperabilidad de los sistemas de televigilancia y monitoreo en el eje Providencia-Alameda, impulsado por el Programa Estratégico Regional (PER) Santiago Ciudad Inteligente Corfo RM, el Programa Nacional de Industria Inteligente, la Intendencia de la Región Metropolitana, universidades, Metro S.A., Carabineros de Chile y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. La iniciativa se encuentra en la etapa de implementación y funcionamiento en los principales sistemas de cámaras del eje.
- b) El Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM) es el organismo encargado de articular, coordinar y supervisar las acciones, programas y medidas tendientes a gestionar el transporte público mayor de la ciudad de Santiago, derivadas de las acciones propias, así como de diversos sectores y entes públicos y privados. Este directorio está conformado por la ministra de Transportes y Telecomunicaciones, el ministro de Vivienda y Urbanismo, el ministro de Obras Públicas y el intendente de la Región Metropolitana, más -en calidad invitados permanentes-, los subsecretarios de Transporte y Bienes Nacionales, el jefe de Planificación y Desarrollo de la Subsecretaría de Transportes y Telecomunicaciones, el presidente de Metro S.A. y el presidente de la Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE).

c) La Coordinación de Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) se crea en abril de 2019 con el propósito de transformar la planificación y gestión de la movilidad de las personas, mejorando su experiencia de viaje. Esta coordinación depende de la Subsecretaría de Transportes, que integra la coordinación de cuatro unidades: Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT), Unidad de Ciudades Inteligentes (UCI), Unidad de Big Data y la Unidad de Comunicaciones. En particular, se destaca la UOCT, ya que administra y opera el sistema de control de tránsito de Santiago y de otros sistemas complementarios (circuito cerrado de televisión, letreros de mensaje variable, red de estaciones de conteo automático de tráfico entre otros).

d) Ciudades Inteligentes Abiertas en la Región Metropolitana, se oficializó el 24 junio de 2015, cuando se inició el PER "Santiago Ciudad Inteligente" de Corfo RM. Con la constitución de su Consejo Directivo, que agrupa a representantes de entidades del sector público y privado, parte el trabajo del Programa, que busca articular la generación de soluciones utilizando las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), enfocadas en tres grandes ejes: seguridad, movilidad y medioambiente. Participan en este programa el Gobierno Regional de Santiago, los Ministerios de Economía, Fomento y Turismo y Transportes y Telecomunicaciones, la Escuela de Diseño de la Universidad Católica, la Fundación País Digital y el Grupo de Empresas Chilenas de Software Gechs A.G.

Sin embargo, los ejemplos anteriores son incipientes para una gobernanza de una Ciudad Inteligente Abierta, en la cual hay muchos más actores públicos y privados, así como otras áreas y sistemas de una ciudad.

Por otra parte, Rodríguez y Meijer (2015) proponen un modelo de gobernanza inteligente, basado en un estudio empírico de gobernanza con representante de gobiernos locales europeos. En la figura 6.1 se presenta el modelo conceptual.

El modelo propuesto destaca las diversas dimensiones de (1) estrategias para implementar la gobernanza inteligente, (2) un acuerdo de gobernanza inteligente y (3) los resultados de la gobernanza inteligente. Esto nos da una orientación de que primero debe haber una estrategia que considere una visión de la ciudad que queremos, asociada a la legalidad vigente, que habría que ajustar a las nuevas realidades de servicios digitales, creación de nuevas políticas que fomenten la creación de territorios inteligentes y luego, una transformación de la actual estructura organizacional. En segundo lugar, un acuerdo entre los distintos actores del ecosistema de ciudades inteligentes, donde exista claridad en la participación, colaboración y coordinación, y que establezca el tipo de decisiones y una gestión digital del sistema. Finalmente, deben medirse los resultados de la gobernanza, de tal manera de hacer los ajustes necesarios en beneficio de los ciudadanos.

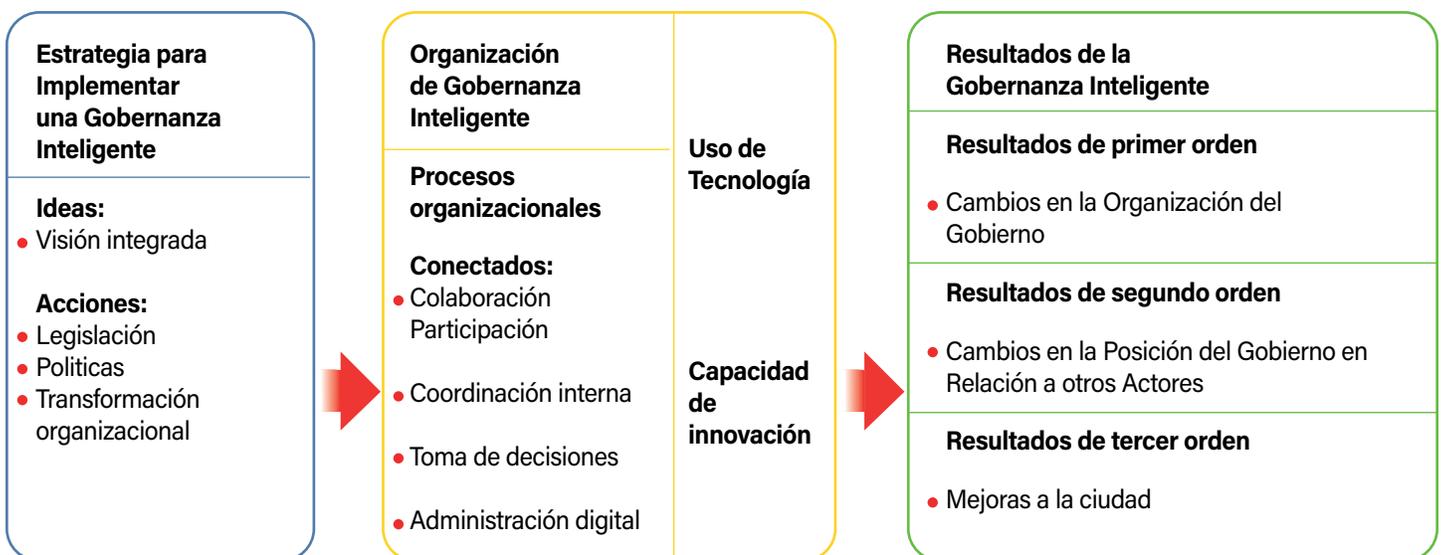


Figura 6.1 Modelo conceptual propuesto por Rodríguez y Meijer (2015). Fuente: elaboración propia.

El trabajo académico de Llanca (2015) propone una estructura organizacional de un Plan de Ciudad Inteligente Abierta; sin embargo, el gran desafío es la coordinación en múltiples niveles, así como las atribuciones legales de la esta organización, las cuales habría que explorar.

La figura 6.2 que se presenta a continuación señala una estructura organizacional para una Ciudad Inteligente Abierta.

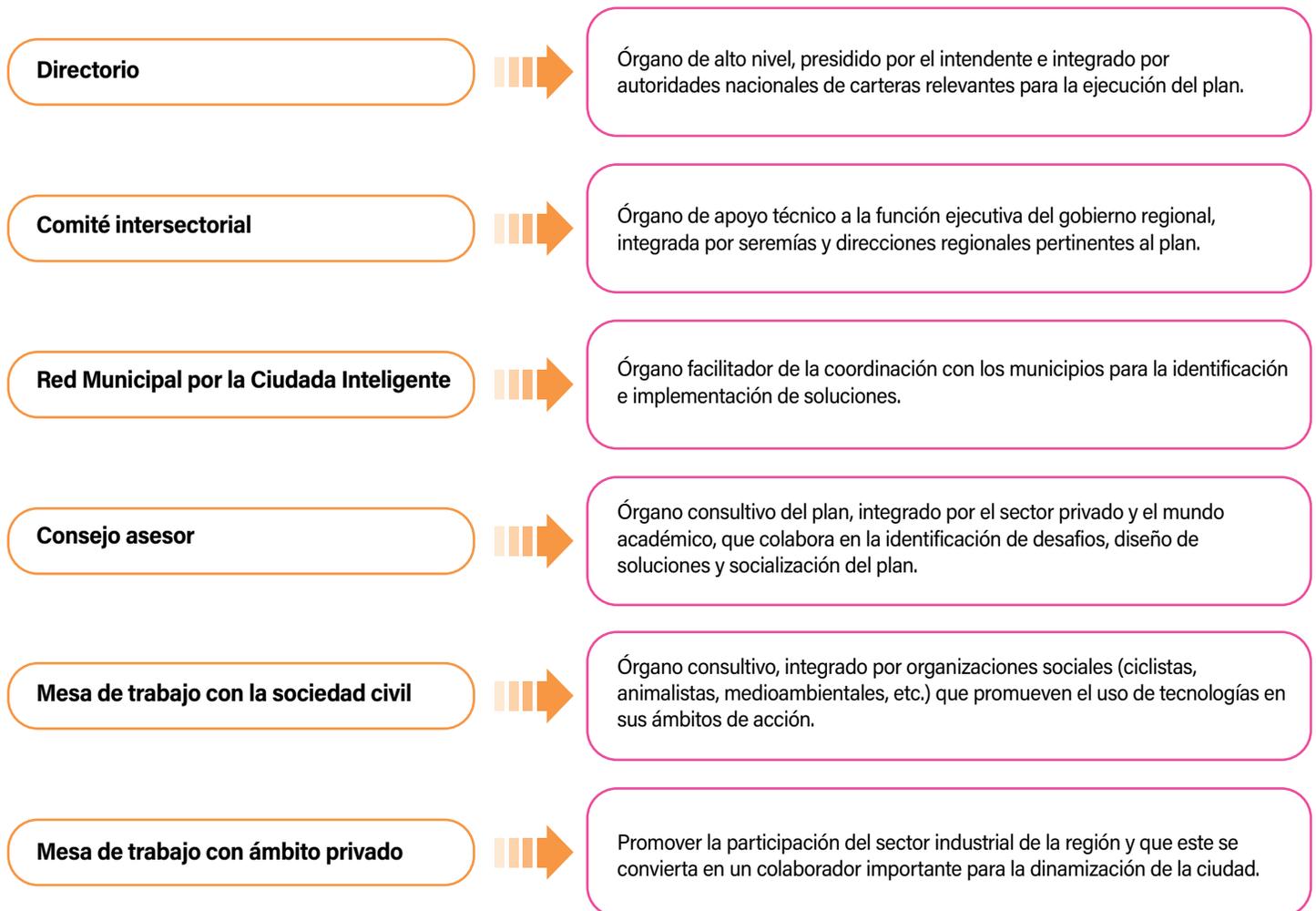


Figura 6.2. Estructura organizacional para un Plan de Ciudad Inteligente, según Llanca (2015). Fuente: elaboración propia.

Otra opción de una estructura organizacional de gobernanza es la del estudio Corfo, Acti, Quam (2019), que propone una gobernanza con tres niveles:

a) Nivel nacional (Dirección Nacional de Ciudades Inteligentes Abiertas). Es decir, crear una entidad orientadora y coordinadora que tenga como objetivo direccionar e impulsar el desarrollo de las Ciudades Inteligentes Abiertas, dando gobernabilidad a los proyectos que la componen, en una visión país que estimule el desarrollo del ecosistema, la innovación y el emprendimiento. Debe ser responsable de la generación de las bases de la transformación digital en las ciudades del país. Sus responsabilidades más importantes serían:

- Definir las políticas (de Ciudades Inteligentes Abiertas, Tecnológicas y Sociales) y su aplicación.
- Definir un Plan Nacional de desarrollo del concepto Ciudad Inteligente Abierta a nivel nacional.
- Definir estándares y protocolos abiertos, técnicos y operacionales, necesarios para un desarrollo integrado y coherente de estas redes.
- Influir para lograr la modificación del marco jurídico para la correcta evolución de este tipo

de redes, así como del uso de la información (pública y privada) gestionada por estas redes y municipios, en particular lo referente a la disposición y uso de información pública para la utilización por terceras partes (open data).

- Obtención de líneas o programas con recursos públicos o con avales o garantías públicas, con la finalidad de viabilizar los proyectos municipales y metropolitanos.
- Identificación de las iniciativas de interés nacional a priorizar y desarrollar, por ejemplo, seguridad ciudadana, salud y medio ambiente entre otras.
- Adhesión a las experiencias de otras geografías (países y ciudades) y su difusión a nivel país.

b) Nivel metropolitano (Centro Urbano de Gestión Inteligente por área metropolitana). Este centro se basa en la asociatividad municipal y debe encargarse de asegurar la interoperabilidad de sistemas, coordinar despliegues de soluciones de nivel metropolitano y generar soluciones Ciudad Inteligente Abierta mediante la relación y/o pertenencia a instancias internacionales de apoyo y promoción de Ciudades Inteligentes Abiertas en el mundo. Las responsabilidades principales de este centro serían:

- Definir, implementar y controlar el desarrollo de estas redes (y soluciones Ciudad Inteligente Abierta) a nivel ciudad.
- Priorizar las iniciativas y apoyo en la consecución de recursos para el financiamiento de estos proyectos.
- Controlar las implementaciones y los recursos públicos asignados.
- Coordinar todas las geografías (municipios) y sus redes, con planes de desarrollo metropolitano para estas redes, conjuntos.
- Coordinar con las entidades públicas (por ejemplo: Ministerio de Transportes, Carabineros de Chile, Ministerio de Salud, etc.) la correcta implementación de soluciones y aplicaciones.

c) Nivel municipal (Unidad Ciudades Inteligentes Abiertas). Aquí el gobierno municipal, administrador de la red IoT habilitante, debe ser el que establezca las prioridades de implementación a nivel local. Se espera que los municipios jueguen también un rol activo a nivel directivo en dicha organización. Esto sugiere crear una unidad con rango de dirección, que dependa, por ejemplo, de la Secretaría Comunal de Planificación (Secpla) municipal. Las funciones principales de esta unidad serían:

Implementar, desarrollar y operar las redes municipales.

- Definir e implementar soluciones Ciudad Inteligente Abierta para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos.
- Coordinar y priorizar las soluciones a implementar al interior de cada municipio, con distintos interesados del mismo municipio (direcciones municipales), con Juntas de
- Vecinos y otros actores de la ciudadanía.

Finalmente, para tener éxito en algún tipo de estructura organizacional de gobernanza, se debe apuntar primero a conseguir el mayor apoyo político en la materia. Segundo, formalizar las alianzas público-privadas, logrando encontrar puntos en los cuales converjan los intereses de todos y, por último, generar compromisos de participación de la mayor cantidad de actores claves, incluyendo a la ciudadanía.

Programas públicos y alianzas público-privadas

En Chile existe una gran diversidad de realidades entre los municipios en cuanto a sus recursos financieros disponibles y sus capacidades para apalancar recursos para este tipo de iniciativas. Algunos han hecho un esfuerzo por digitalizar los servicios de sus comunas para mejorar la calidad de vida de sus vecinos (Las Condes, La Reina, Vitacura, Santiago, entre otros), pero es aún insuficiente para pensar en un territorio metropolitano inteligente.

Uno de los grandes obstáculos para avanzar en esta dirección son las alternativas para la financiación de las inversiones, como redes troncales de fibra óptica, sensores, cámaras, luminarias inteligentes, computadores, *software* y Centro Integrado de Operación y Control. En la actualidad existen algunas alternativas de financiamiento (ver capítulo VII), sin embargo, son aún muy limitadas para los municipios.

Los gobiernos regionales exhiben mayores ventajas derivadas de su condición jurídica y de su relación con los municipios para el financiamiento de este tipo de tecnologías e infraestructuras. Se espera que en el futuro el Estado pueda diseñar y perfeccionar programas públicos de financiamiento donde se potencien las alianzas con privados para este tipo de iniciativas.



Fuente: <http://generadoras.cl/prensa/engie-establece-su-ruta-de-electromovilidad>



Un ejemplo de esto corresponde al acuerdo de electro-movilidad en Chile, para el cual se firmó una alianza público privada para avanzar en esta iniciativa.

Fuente: <https://codexverde.cl/chile-comienza-a-traza-el-camino-para-convertirse-en-una-potencia-en-latinoamerica/>

Recomendaciones

Como se plantea, al desarrollar un Plan Maestro de Infraestructura Habilitante de Ciudades Inteligentes Abiertas, se recomienda para las ciudades de nuestro país que se defina una estructura de gobernanza en dos niveles.

El primero, en el nivel municipal (como Unidad Municipal de Comuna Inteligente Abierta), donde el gobierno municipal administre la red IoT habilitante y establezca las prioridades de implementación a nivel local. Se sugiere la creación de una unidad con rango de dirección (Unidad de Comuna Inteligente Abierta, UnCI), dependiente de, por ejemplo, la Secpla municipal.

El segundo, a nivel metropolitano, con la creación de un Centro Urbano de Gestión Inteligente, que esté basado en la asociatividad municipal, y que deba encargarse de asegurar la interoperabilidad de los sistemas, coordinar despliegues de soluciones de nivel metropolitano y generar soluciones Ciudad Inteligente Abierta.

Financiamiento de compras de infraestructura y de servicios para avanzar hacia una Ciudad Inteligente Abierta

En este capítulo se revisarán los siguientes puntos:

- Alternativas de financiamiento
- Contratación de servicios

Cuando se desea implantar un proyecto de Ciudad Inteligente Abierta asociado a una planificación de una solución integral de ciudad, es necesario identificar las fuentes de recursos financieros para la ejecución y mantenimiento de las acciones planeadas. Una de las grandes barreras para la implantación de estos proyectos es la sostenibilidad financiera, pues los ingresos fiscales no siempre son abundantes, sobre todo en los municipios y, por ende, no es fácil sostener los costos de las soluciones propuestas, especialmente cuando se requiere de la implementación de cableado, postes, luminarias, sensores, cámaras, computadores, sistemas de gestión, aplicaciones móviles, entre otros componentes y, además, la creación de un Centro Integrado de Operación y Control.

En Chile, la iniciativa Corfo de desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudades Inteligentes Abiertas está basada en el aprovechamiento de las redes ubicuas de los sistemas de alumbrado público. Este desarrollo requiere de una inversión necesaria para llevar a cabo los proyectos de Ciudad Inteligente Abierta. Para ello, se hace necesario buscar diferentes fuentes de financiamiento y contar con el apoyo de diferentes actores, ya que, si bien los proyectos de Ciudades Inteligentes Abiertas puedan ser creados a partir del uso de los recursos públicos, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2016), recomienda establecer asociaciones con el sector privado, la academia, ONG y otras esferas de poder para el apalancamiento de recursos.

Por otra parte, existe un proceso de compras públicas de productos y servicios en Chile que debe respetarse, una vez obtenidos los financiamientos para los proyectos de ciudades inteligentes.

Alternativas de financiamiento

Fuentes internacionales

A continuación, se presentan algunas fuentes de financiamientos internacionales y nacionales.

Las fuentes internacionales principalmente están centradas en el financiamiento público a sus propios países o regiones (Estados Unidos, Unión Europea, Rusia, China, entre otros), el cofinanciamiento con empresas que proveen tecnologías para las Ciudades Inteligentes Abiertas y organizaciones que puedan apalancar y articular recursos financieros internacionales. En Chile, el BID, a través de BID-LAB (<https://bidlab.org/es/productos>) cofinanció el proyecto Smart Temuco en conjunto con Corfo y el Gobierno Regional de La Araucanía. Desde 2015, además, se está realizando un piloto en Valdivia (Valdivia, 2015), a través de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del BID.

Fuentes nacionales

- a) Fuentes propias: los municipios se financian a través del Fondo Común Municipal, ingresos propios permanentes (contribuciones, permisos, patentes, entre otros), transferencias otorgadas por la Subdere para proyectos y programas sociales y, por último, otros ingresos (venta de terrenos, edificios, entre otros), por lo cual algunos municipios pueden destinar fondos para iniciativas de Ciudades Inteligentes Abiertas para sus vecinos. También se pueden generar ingresos adicionales o ahorros por iniciativas de Ciudad Inteligente Abierta (ver capítulo VIII e informe Corfo-ACTI-QUAM 2019), como el ahorro que se genera por concepto de telegestión en proyectos de recambios de luminarias LED.

b) Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR): es un programa de inversiones públicas que administra la Subdere. Estos fondos se utilizan con fines de compensación territorial y están destinados al financiamiento de acciones en los distintos ámbitos de infraestructura social y económica de la región. En particular, a partir de 2008 existe el Fondo Regional de Iniciativa Local (FRIL), que corresponde a una modalidad de inversión que surge del FNDR. El FRIL tiene por objeto financiar proyectos de infraestructura comunal, que mejoren la calidad de vida de la población y que tengan presente los componentes de participación ciudadana y género. Este fondo tiene 4 áreas de trabajo (servicios básicos, vialidad, habilitación de servicios públicos y equipamiento comunitario) a las cuales pueden postular los municipios.

Además, el FNDR tiene un conjunto de provisiones que obedecen a la complementación de las políticas de inversión nacional que considera el ámbito de decisión regional. Estas incrementan el presupuesto de la inversión regional. La distribución de estas la realiza la Subdere durante el año presupuestario vigente, obedeciendo a metodologías particulares de distribución interregional a través de "Glosas". En la actualidad, las principales son: Fondo de Innovación para la competitividad regional (FIC-R), Puesta en valor del patrimonio, Programa de Infraestructura Rural para el Desarrollo Territorial (Pirdt) y Provisión de Saneamiento Sanitario. Del FNDR también hay fondos disponibles a través de programas sectoriales, como el Programa de Mejoramientos de Barrios (PMB), y el Programa de Mejoramiento Urbano y equipamiento comunal (PMU).

c) Fondos ministeriales: son fondos que manejan los distintos ministerios y a los que pueden postular los municipios. Algunos de ellos se pueden encontrar en la página <https://www.fondos.gob.cl/Fondos-concursables> del Ministerio Secretaría General de Gobierno y en páginas institucionales de los distintos ministerios. Como ejemplo están:

- Programa concursable de espacios públicos, Seremi del Minvu de cada región (www.minvu.cl).
- Fondo para el Reciclaje 2020 / Promoviendo la economía circular en municipios a través del reciclaje, MMA (<https://www.fondos.gob.cl/mma/fondo-para-el-reciclaje2020>).
- Fondo para el Reciclaje Chiloé 2020, MMA (<https://www.fondos.gob.cl/mma/fpr-chiloe-2020>).
- Fondo Nacional de Seguridad Pública (FNSP) del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (http://www.fnsp.gov.cl/media/2020/03/Bases-FNSP-2020_.pdf).
- Inversión Energética Local, del Ministerio de Energía: Agencia de Sostenibilidad Energética (<https://www.agenciase.org/iel/>).

Contratación de servicios

El sistema chileno de compras públicas se configura como un circuito que reconoce nítidamente tres momentos: 1) entidad compradora, 2) sistema de información y 3) celebración del contrato. Es un sistema normativamente configurado por distintas fuentes jerárquicas, siendo las principales de ellas la Ley N° 19.886, de Bases sobre Contratos de Suministro y Prestación de Servicios (Ley de Compras o LCP) y su reglamento, contenido en el Decreto Supremo N° 250, de 2004, del Ministerio de Hacienda. Ambos cuerpos normativos constituyen el núcleo del hard law de las compras públicas. Por su parte, el soft law se compone fundamentalmente de las Directivas de Compra de la Dirección de Compras y Contratación Pública (DCCP).

En la tabla 71 se presentan normas y directrices que regulan los procesos de compra pública, las cuales deben ser considerados en la compra de servicios asociados a proyectos de Ciudad Inteligente Abierta.

Tabla 7.1 Normas y directrices que regulan los procesos de compra pública

Hard law:

- 1) Constitución Política de la República de Chile
- 2) Ley N° 19.886, de Bases sobre Contratos Administrativos de Suministro y Prestación de Servicios
- 3) Ley N° 20.285 sobre Acceso a la Información Pública
- 4) Ley N° 20.730, que Regula el Lobby y las Gestiones que Representen Intereses Particulares ante las Autoridades y Funcionarios
- 5) Ley de Presupuestos del Sector Público
- 6) Decreto con Fuerza de Ley N° 1/19.653, que Fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado
- 7) Decreto Ley N° 1.263, de 1975, del Ministerio de Hacienda, Orgánico de Administración Financiera del Estado
- 8) Decreto Supremo N° 250, de 2004, del Ministerio de Hacienda, que contiene el Reglamento de la Ley N° 19.886, de Bases sobre Contratos Administrativos de Suministro y Prestación de Servicios.

Soft law:

- 1) Directrices de la Dirección de Compras y Contratación Pública
- 2) Políticas y condiciones de uso del Sistema de Información emitidas por la Dirección de Compras y Contratación Pública.

La Ley de Compras se aplica a los órganos de la Administración del Estado, que se identifican genéricamente en el art. 2 de la Ley de Bases Generales de la Administración del Estado. Han de sujetarse a la Ley de Compras todos los contratos onerosos celebrados por los órganos de la Administración del Estado, destinados al suministro de bienes muebles y servicios que se requieran para el desarrollo de las funciones administrativas, salvo las excepciones que el cuerpo legal prescribe.

En la configuración del sistema de compras públicas intervienen directa y cotidianamente la DCCP, la CGR, la Dirección de Presupuestos (Dipres) y el Tribunal de Contratación Pública (TCP).

El funcionamiento de los procesos de compra se decanta en 4 grandes modalidades: a) licitación pública, b) licitación privada, c) trato directo y d) convenio marco. Cada modalidad tiene reglas procedimentales y administrativas específicas para que se perfeccionen los contratos de suministro y prestación de servicios. En todas estas modalidades, según la hipótesis de montos involucrados, está prevista la intervención de la CGR, tanto ex ante (toma de razón de los actos administrativos iguales o superiores a los fijados en la Resolución N° 8, de 2019, de la CGR) como ex post, en virtud de procesos fiscalizadores.

El desarrollo e implementación de un proyecto de Smart City encuentra en los instrumentos de compra del Estado oportunidades para desplegarse, más aún cuando el modelo será impulsado por agrupaciones de municipalidades. En tales casos existen recomendaciones de la DCCP, tales como la Directiva N°29, sobre compras conjuntas, o la Directiva N°26, sobre compras eficientes. La Directiva N°29 es de suma utilidad para la compra de bienes muebles estandarizados, como postes de alumbrado público o sensores RFI.

Por su parte, las TIC son herramientas de trabajo claves y esenciales para la configuración de la red habilitante para las Smart Cities. En este sentido, las Directivas de Compra entregan las pautas para adquirir tecnologías de la información o servicios de nube, teniendo en consideración el principio de neutralidad tecnológica del Estado. Estas Directivas de contratación se recogen en las N°s 24 y 32, respectivamente.

Los bienes y servicios que conforman el core de tecnologías de ciudades inteligentes son susceptibles de adquirirse mediante trato directo, de manera de optar por tecnologías funcionales al planeamiento global y de escala incremental. Sin embargo, para estos efectos las consideraciones deben ser justificadas y acreditadas en el acto administrativo. Asimismo, deben encuadrarse dentro de las hipótesis que la ley y el reglamento prevén para la procedencia del trato o contratación directa. Se proponen alternativas de adquisición dentro de la lógica antes señalada, por parte de las municipalidades.

Las municipalidades son las entidades compradoras que articularán la adquisición y gestión de la tecnología de ciudades inteligentes. Para estos efectos, se hace un detallado alcance de su organización, atribuciones, facultades y funciones.

Finalmente, se realizan propuestas de coordinación estratégica para una compra de servicios y gestión de tecnologías que favorezca la instalación y uso de las redes habilitantes de Ciudades Inteligentes Abiertas.



Modelos de negocio en Ciudades Inteligentes Abiertas

En este capítulo se revisarán los siguientes puntos:

- **Modelo Canvas**
- **Modelos de negocio para el sector público**
- **Modelos de negocio público-privados**
- **Alianzas público-privadas**

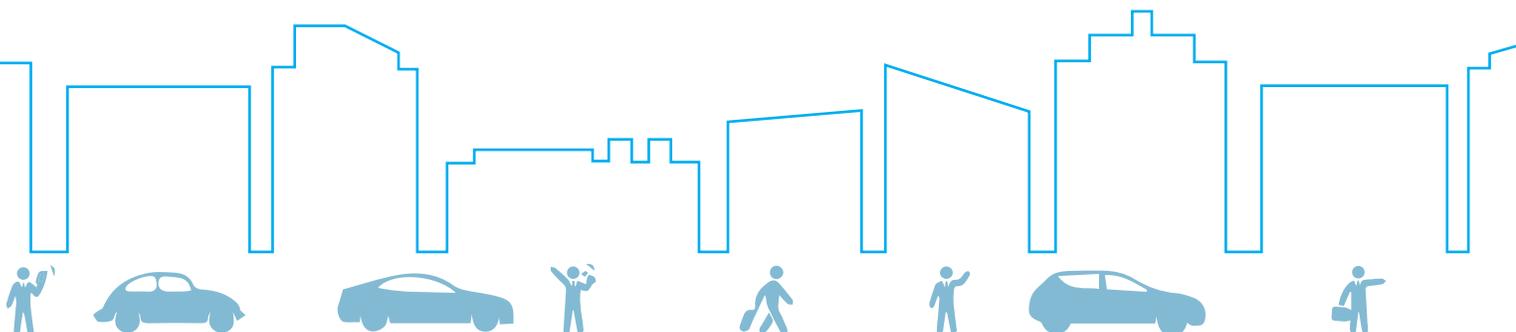
Crear Ciudades Inteligentes Abiertas y desarrollarlas en su amplio contexto, desde el diseño y ejecución y sostenerlas social y económicamente en el tiempo es, sin lugar a dudas, una tarea multidisciplinaria que requiere de variados esfuerzos. En ese contexto, resulta de vital importancia establecer un modelo de negocio que permita identificar con claridad cuáles serán los principales productos y/o servicios a ofrecer por la Infraestructura Habilitante Multipropósito, que será la base de una Red IoT de sensorización. Es importante establecer también a quiénes estará dirigido y cuáles serán las actividades y recursos claves necesarios, entre otros elementos, que resultan ser fundamentales para establecer una propuesta de valor que vaya en directo beneficio de mejorar la calidad de vida y bienestar de los ciudadanos de una determinada comuna. De igual manera, definir un Modelo de Negocio permitirá, a su vez, identificar aquellas variables de la Infraestructura Habilitante Multipropósito IoT que lo hagan viable económicamente, analizando la estructura de costos y proyectando los ingresos que traerá consigo la implementación de los diferentes productos y servicios a nivel comunal.

La noción de Modelo de Negocio ha sido usada desde la década de los 60 y el concepto es ofrecer a los tomadores de decisiones o gerentes una forma coherente de considerar sus opciones en entornos inciertos, rápidos e impredecibles McGrath, (2010). Luego de analizar diferente literatura académica y en particular el informe Corfo-Acti-Quam (2019) sobre Modelos de Negocios para Ciudades Inteligentes Abiertas, se propone el Modelo de Canvas (Osterwalder and Pigneur, 2010) como marco referencial para definir un Modelo de Negocio de Red IoT a nivel comunal. Este modelo describe la lógica de cómo una organización crea, captura y entrega valor. Dicho modelo presenta una buena guía metodológica, fácil de describir y entender, pensada para proyectos de múltiples variables y de amplio alcance, que ha sido utilizada tanto en el contexto de negocios privados como en la implementación de soluciones públicas, siendo el modelo más utilizado para describir procesos de negocio para las ciudades inteligentes (Díaz et al., 2017). Así, a partir de los nueve módulos que nos ofrece el Modelo Canvas tradicional, se presentarán dos modelos de negocios:

Modelo Canvas

- Modelo para instituciones públicas
- Modelo para entidades privadas que brindan servicios a instituciones públicas (modelo público-privado)

El Modelo Canvas tiene nueve módulos. La figura 8.1 presenta un diagrama explicativo, junto a una breve descripción de cada uno de los respectivos módulos.



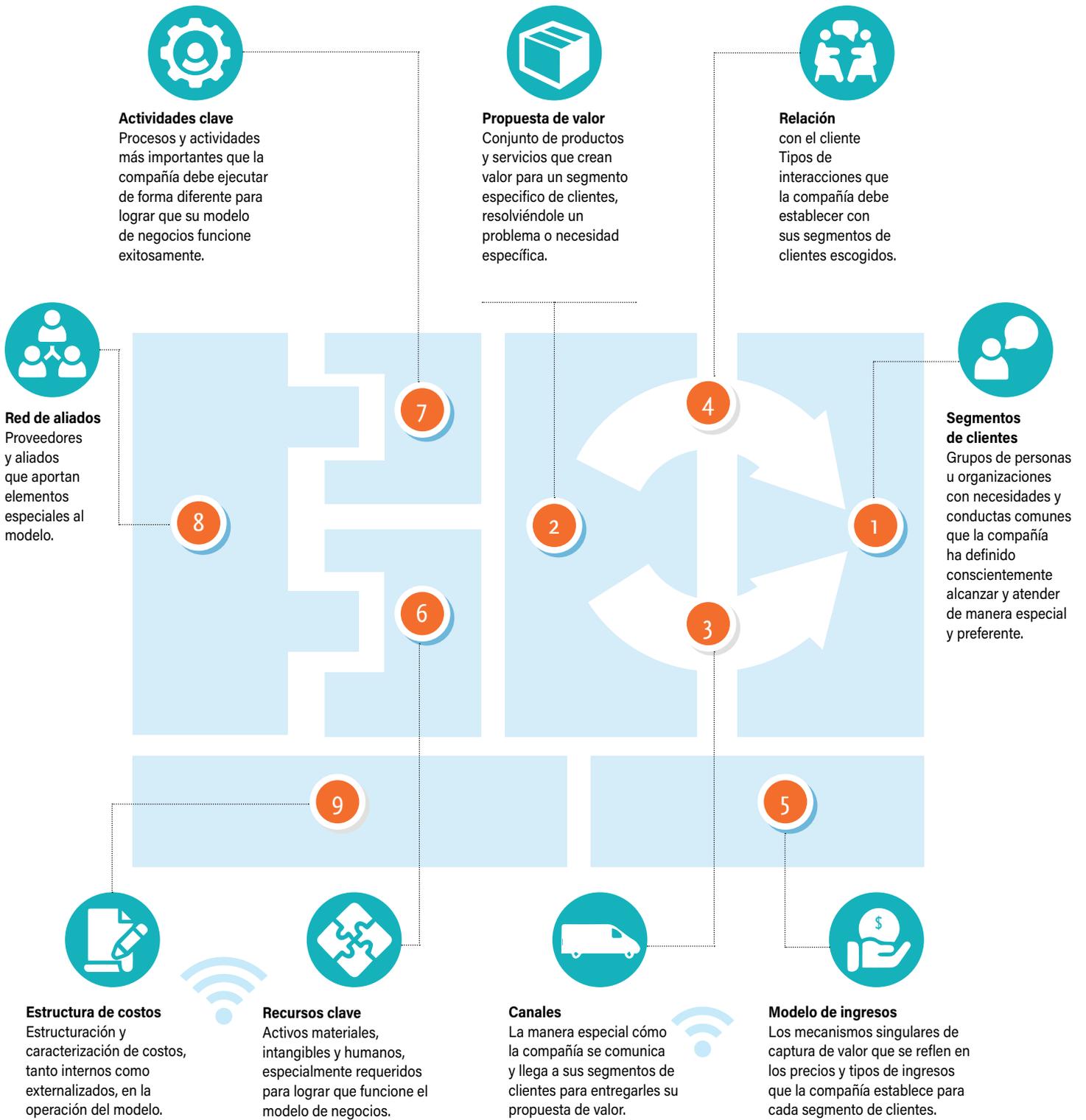
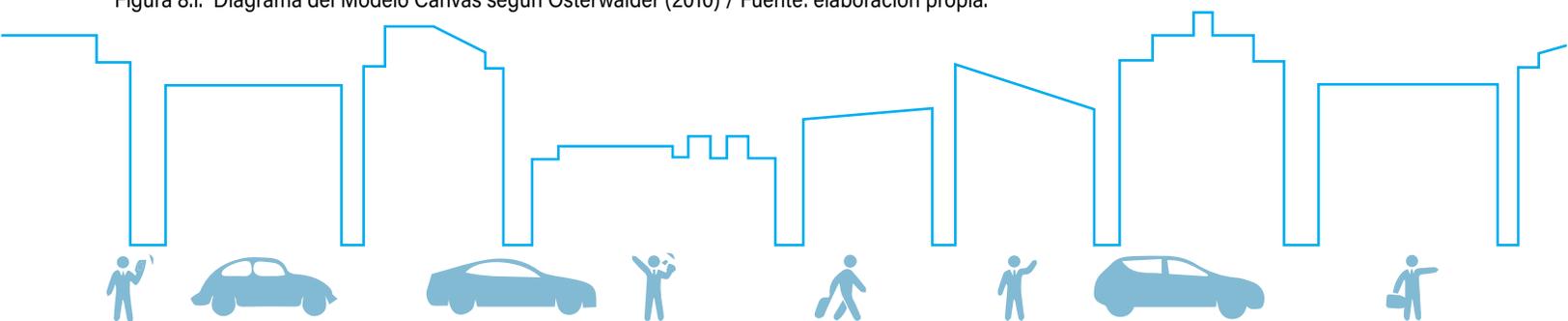


Figura 8.1. Diagrama del Modelo Canvas según Osterwalder (2010) / Fuente: elaboración propia.



El presente modelo de negocio abordará y analizará las 9 partes que componen el Modelo de Canvas orientado hacia las instituciones públicas.

Segmento de clientes

Dentro del segmento de clientes públicos, identificaremos principalmente dos niveles diferentes de actores involucrados: los del gobierno local y los del gobierno central. Dentro de los primeros identificaremos aquellos que ejercen el gobierno a nivel comunal. En segundo lugar, se encuentran aquellas entidades públicas que tienen presencia a nivel nacional. Aquí describiremos solamente al gobierno local a diferentes niveles.

- **Municipio:** acá identificaremos principalmente los requerimientos que podrían emanar desde las autoridades locales, como el mismo alcalde, concejales o el concejo municipal.
- **Direcciones municipales:** dentro de la orgánica municipal se distinguen principalmente tres direcciones que son los ejes centrales en la gestión de cualquier municipio: Secpla, Dideco y Administración Municipal. Estas tres direcciones serán los clientes estratégicos claves al interior de los municipios que identificará nuestro modelo de negocio público, entendiendo que desde acá emana la mayor cantidad de proyectos de inversión y de desarrollo comunal. No obstante, otras direcciones también podrían ser consideradas como clientes de nuestro modelo, tales como la Dirección de Tránsito, Medioambiente, Jardines, Seguridad Públicas, Cultura, entre otras.
- **Departamentos:** si bien son unidades más operativas que dependen de las respectivas direcciones de un municipio, los departamentos podrían representar también un cliente estratégico clave, pues son estos los que están en permanente contacto con los vecinos/as de una determinada comuna y tienen la capacidad de identificar con mayor facilidad cuáles son las verdaderas necesidades que podrían satisfacer las soluciones de la Ciudad Inteligente Abierta.

Propuesta de valor

El valor que agregará la Infraestructura Habilitante Multipropósito IoT -en adelante Red IoT- a la esfera pública podría estar presente de diferentes formas y en la amplia gama de servicios existentes tanto a nivel local como regional o nacional. No obstante, acá se presentan aquellos elementos más relevantes y que podrían ser valorados de mayor manera por nuestros clientes públicos enunciados en el ítem anterior.

- **Uso eficiente de los recursos públicos:** la implementación de soluciones inteligentes proveerá de información fidedigna y en tiempo real sobre el funcionamiento de diversos servicios públicos, lo cual permitirá medir y controlar de mejor manera la utilización de los recursos públicos. De esta manera, el uso de diferentes tipos de sensores proyecta un importante ahorro en el gasto público que hoy desembolsan los municipios en pagar diferentes servicios entregados a la comunidad. Así, por ejemplo, las luminarias públicas inteligentes podrían aumentar su intensidad lumínica solo cuando detecten un movimiento, evitando el gasto de consumo de energía en horarios en donde la comunidad no necesita de la luz artificial.
- **Mejorar la calidad de los servicios:** los sensores y la información disponible en la Red IoT permitirá al municipio otorgar una mejor calidad de los servicios a la ciudadanía, en cuanto podrán identificar con mayor prontitud fallas o problemas en su entrega como también suplir aquellas brechas existentes entre lo que ofrecen los servicios financiados por el municipio y lo que espera la ciudadanía de ellos. Así, por ejemplo, la mejora en la calidad de los servicios podría abarcar desde la reparación inmediata de una luminaria inteligente que está fallando hasta la reparación o mantención de alguna vía pública que se deba repavimentar.

- Creación de nuevos servicios: la instalación de luminarias inteligentes trae consigo otras externalidades positivas que favorecerán la creación de nuevos servicios a ofrecer por parte de los municipios. Algunos de ellos podrían ser la habilitación de red Wi-Fi gratuita dentro de un radio determinado, la instalación de cargadores de smartphones en cada uno de los postes o la instalación de pantallas donde se entregue información diversa de interés de la comunidad (calidad del aire, temperatura, pronóstico del tiempo, etc.). De igual manera, la instalación de una Red IoT abre un sinfín de posibilidades para la creación de nuevas soluciones tecnológicas que aportarán al desarrollo comunal.
- Información para la toma de decisiones: una de las principales ventajas que la instalación de una Red IoT lleva a las instituciones públicas, de nivel central y local, es la disponibilidad de información proporcionada por los sensores, cámaras y dispositivos tecnológicos, que permitirá tomar decisiones para mejorar la calidad de vida y bienestar de los habitantes. En tiempos en los que se ha acrecentado la distancia y desconfianza entre los ciudadanos y las instituciones públicas, resulta fundamental que estas últimas identifiquen qué es lo que la ciudadanía está valorando de los servicios que ofrecen las instituciones públicas, para colocar sus esfuerzos en crear valor público en aquellas necesidades, mejorando así los niveles de gobernanza y eficacia con que las políticas públicas llegan a la gente.
- Mejorar los niveles de seguridad: uno de los principales problemas públicos en la actualidad es el nivel de inseguridad que percibe la ciudadanía. Las altas tasas de delincuencia y robos hacen que este tema en la percepción ciudadana se posicione siempre en los primeros lugares. De esta manera, uno de los principales valores agregados que traerá consigo la instalación de luminarias inteligentes -por ejemplo- es la posibilidad que esta brindará para la instalación de cámaras de televigilancia interconectadas entre sí, que reporten sobre la identificación de situaciones anómalas y que, a su vez, permitan informar de manera instantánea dichas situaciones a los equipos de seguridad en terreno.
- Fiscalización y control: la instalación de sensores de diversa índole permitirá, dentro de otros beneficios, fiscalizar y controlar de mejor manera diferentes variables de interés público reguladas por la ley, informando de manera oportuna a los organismos competentes en la materia. Uno de los ejemplos más citados en la materia podría ser la medición de los niveles de contaminación, tanto en la calidad del aire como en lo referido a contaminación acústica. Por otra parte, la Red IoT podría ser útil también para controlar aspectos relativos a las leyes de tránsito, identificando excesos de velocidad, tránsito de vehículos particulares en vías de uso público o utilización de zonas de estacionamiento indebidas, entre otros.
- Transparencia y gobernanza: un desafío fundamental para la gestión pública del siglo XXI dice relación con mejorar los niveles de aprobación y percepción que la ciudadanía tiene sobre las instituciones públicas en general. La desconfianza y la lejanía con la que las personas perciben al gobierno local y central se ha transformado en una tónica habitual de las diferentes mediciones de opinión que realizan las instituciones públicas y privadas. Por esta razón, la disponibilidad y apertura de información que la Red IoT puede llevar a la ciudadanía es uno de los grandes valores agregados que la Ciudad Inteligente Abierta tendría en los diferentes servicios públicos, pudiendo informar a los ciudadanos, futuros votantes, sobre la gestión local y central y también sobre el quehacer de sus representantes, de tal forma de hacer más transparente la gestión pública, manteniendo informado a los principales socios estratégicos: la ciudadanía. De esta manera, la Red IoT aportaría indirectamente a mejorar los niveles de gobernanza y a fortalecer la democracia como sistema de gobierno, en donde los ciudadanos, al poseer más información sobre la gestión de los diferentes problemas públicos, podrían mejorar su percepción sobre las instituciones a cargo y ser partícipes de los procesos de toma de decisiones o consulta en relación con algún problema público en particular.

Canales de distribución A nivel municipal se propone crear una unidad encargada de difundir y promover el desarrollo de los diferentes productos y servicios asociados a las ciudades inteligentes. Idealmente, dicha unidad debiese depender directamente del alcalde para que pueda tener el peso político necesario para articular y gestionar los diferentes recursos y variables que se necesitarán.

Así, los canales de distribución en este modelo de negocio son todas aquellas acciones que dicha unidad realice para promover y difundir los beneficios de las Ciudades Inteligentes Abiertas y que apunten a mejorar la gestión de las instituciones públicas a las que se les ofrecerán los servicios asociados a la Red IoT. Esta unidad deberá generar las instancias con las otras entidades públicas, sean estas municipales o del gobierno central, en donde se co-crearán (Waissbluth et al., 2014) y evaluarán las alternativas de solución posibles de implementar a través de Infraestructura Habilitantes de luminarias inteligentes. Al respecto, y a fin de incentivar la creación de nuevas soluciones por parte de las diferentes entidades públicas, se sugiere que dicha unidad pueda indagar y proponer buenas prácticas, tanto a nivel nacional como internacional, de soluciones y servicios asociados a las ciudades inteligentes abiertas para ser mejorados e implementados a nivel comunal.

Fundamental en esta etapa será considerar en el centro de las necesidades a satisfacer por la Red IoT a los ciudadanos, pues ellos serán los receptores finales de los beneficios y ventajas de la implementación de las diversas soluciones, en los cuales las entidades públicas actuarán como canales distribuidores intermediarios de mejoras reales en la calidad de vida y bienestar de las personas.

De esta manera, será función de esta unidad especializada del municipio definir, a partir de un análisis técnico-económico, la viabilidad de implementar las soluciones que se propongan, cerrando el proceso de compraventa que definirá los productos o servicios a implementar finalmente desde la Red.

Por último, esta unidad también será la encargada de dar seguimiento a la planificación y acuerdos tomados con las diferentes entidades públicas para la materialización de los diferentes servicios tecnológicos, y considerar un período de atención (posventa) una vez que dichos servicios hayan sido instalados y estén puestos en marcha.

Relación con los clientes De acuerdo con la definición que establece el Modelo de Canvas para relacionarse con los respectivos clientes, el presente modelo adoptará como principio los conceptos de “comunidades” y “creación colectiva”. Estos se fundamentan en la interacción de la unidad especializada del municipio con cada uno de los actores públicos para generar conocimientos y aprendizajes que vayan en favor del ciudadano en la creación de soluciones inteligentes provistas desde la Red IoT. De esta manera, se pretende incentivar los procesos de innovación colectiva, tomando en consideración soluciones holísticas que involucren un amplio espectro de variables y posibilidades, aterrizando estas a productos y servicios concretos a proporcionar desde la red. Lo anterior se relaciona con uno de los cinco principios que según la definición de una Ciudad Inteligente Abierta (Cippic, 2020), deberían estar presentes en todo diseño de esta como: las relaciones con los respectivos clientes deben ser participativas, colaborativas y responsables, asegurando que los diferentes actores y *stakeholders* participen del proceso de creación de valor, mejorando a su vez los niveles de gobernanza local que toda institución pública requiere.

Modelo de ingresos Entenderemos como parte del modelo de ingresos a todo lo que signifique para el municipio aumentar sus ingresos financieros producidos por la inversión en una red inteligente de alumbrado público, provengan estos de ingresos directos -venta o arriendo de determinados servicios- o que emerjan como resultado de un ahorro producido por la implementación de alguna de las soluciones inteligentes que permita la Red IoT.

Las fuentes de ingresos son las que le darán viabilidad política y financiera a los proyectos de ciudades inteligentes en las respectivas comunas en las que se implementen, pues será lo que justifique la inversión de los municipios en ciudades inteligentes. Dicho de otra manera, la inversión en una red de luminarias públicas inteligentes -por ejemplo- no se justificará si estas solamente se utilizan para entregar luz artificial a través de un sistema controlado en forma remota, sin que se aproveche su máximo potencial como columna vertebral de conectividad para captar y transmitir datos recolectados a través de diferentes sensores.

a) Ahorros

Se proyectan ahorros para el municipio en los siguientes aspectos:

- En el consumo de electricidad, puesto que las luminarias inteligentes, al ser teledirigidas, podrán aumentar o disminuir su intensidad según la necesidad del territorio. De igual manera, si se le incorporan al alumbrado público sensores de movimiento, podrán de manera automática aumentar o disminuir la intensidad según detecten movimientos.
- En los costos de personal asociados a la mantención de las luminarias, ya que estas de manera automática avisarán cuándo una luminaria esté fallando.
- En el gasto por control y fiscalización de diversos servicios en el territorio, pues estos podrán realizarse a través de la instalación de diversos sensores en el territorio que proveerán dicha información. Por ejemplo, en la identificación de vehículos mal estacionados o de automóviles particulares que circulan por zonas definidas exclusivamente para transporte público.
- En la inversión en recursos humanos y de movilización en materia de seguridad ciudadana, pues dichas alertas las podrían proporcionar las cámaras de televigilancia dispuestas en el territorio con la consiguiente disminución de los niveles de delincuencia.
- En todas las actividades realizadas hoy por personal municipal que puedan ser reemplazadas por la Red IoT.

b) Ingresos

Muchos ministerios y servicios destinan grandes cantidades de recursos en realizar estudios que les permiten posteriormente diseñar o mejorar políticas públicas existentes. Varios de ellos estarían dispuestos a pagar por acceder a la información que les proporcionará la Red IoT. Por ejemplo, el Ministerio de Vivienda implementó un sistema de georreferenciación de la demanda habitacional, para identificar en qué lugares se encontraba la mayor cantidad de comités de allegados y, por ende, destinar a esos lugares los recursos públicos para desarrollar soluciones habitacionales. Por otra parte, el Ministerio del Deporte realizó infructuosos esfuerzos por contar con una base de datos actualizadas sobre los terrenos destinados para la práctica deportiva de las respectivas comunas (canchas, gimnasios, otros), de tal manera de incentivar ahí la práctica de actividad física o bien desarrollar ahí infraestructura deportiva e inversión que fuese en apoyo al desarrollo deportivo local.

Otros servicios por los cuales estarían dispuestos a pagar los diferentes ministerios son las bases de datos que la Red podría proporcionarles. Así, por ejemplo, desde acá podría captarse información en relación con los precios de diferentes productos y servicios, ya sea para realizar estudios y estadísticas (IPC e Imacec), identificar aquellos lugares donde se deben crear, aumentar o eliminar ciertos subsidios que otorga el Estado (Minvu entrega subsidios que pueden ser aplicables solo hasta un cierto valor de la vivienda, 2.200 UF) o simplemente para ponerlos a disposición de los usuarios y existiera información transparente del mercado en donde los consumidores pudieran elegir y comprar de manera libre e informada, haciendo que el mercado opere en competencia.

Como resultado de mejorar los procesos de fiscalización y control, podrían aumentar los ingresos a las arcas públicas producto del pago de sanciones asociadas a vehículos mal estacionados, tránsito vehicular en lugares indebidos o infracciones por contaminación ambiental de diversa índole, como ruidos molestos.

Por concepto de creación de nuevos servicios disponibles desde la Red IoT, los municipios también podrían cobrar a los ciudadanos por acceder a ellos. Por ejemplo, podrían estar dispuestos a pagar por información relativa a los establecimientos educacionales, de salud, farmacias, por nombrar algunos.

Recursos claves Algunos de los recursos claves que se pueden mencionar como parte importante del Modelo de Negocio orientado a las instituciones públicas son:

- Luminarias públicas inteligentes.
- Empresa proveedora de las luminarias inteligentes y los servicios asociados a su operación.
- Red IoT inalámbrica de sensorización que conecte las diferentes luminarias.
- Sensores, cámaras, entre otros elementos tecnológicos, que permitan captar información del territorio.
- Soporte técnico e informático para el procesamiento y almacenamiento de la información tales como: *software*, *hardware*, insumos técnicos, entre otros.
- Un territorio definido; en el caso de este modelo de negocio, una comuna.
- Inversión pública aportada por el municipio para la instalación de las luminarias inteligentes.
- Personas que den vida desde el territorio a las diferentes acciones para implementar la Red IoT, entre ellas, profesionales, técnicos y administrativos.

Actividades claves Dentro de las actividades que se deben desarrollar como parte de nuestro modelo de negocios podemos mencionar:

- Almacenamiento de la información, datos u otros insumos provisto desde la Red IoT.
- Capacitación a los funcionarios públicos, sean estos municipales y/o del gobierno central, para el uso y procesamiento de la información que provea la red de luminarias públicas inteligentes.
- Mantención y actualización de la plataforma tecnológica que soportará la información disponible desde la red.
- Difusión de los beneficios y usos de la Red IoT en los diferentes municipios e instituciones públicas con el fin de promover su uso.
- Realizar gestiones tanto a nivel de gobierno central como local para activar líneas de financiamiento que apoyen la creación nuevos productos y servicios asociados a la Infraestructura Habilitante Multipropósito.

Red de aliados Un factor relevante para el éxito del modelo de negocio es la red de *stakeholders* o socios estratégicos con quienes se realizan alianzas. Algunos aliados claves que se identifican son:

- A nivel local, las direcciones municipales, departamentos y corporaciones municipales, entre otras, serán los principales aliados para crear y gestionar las diferentes soluciones que emanen de los servicios y productos de ciudades inteligentes abiertas.
- A nivel central, asociarse con ciertos ministerios claves interesados en el desarrollo de ciudades inteligentes será también de vital importancia, pues a través de ellos se comienzan a repensar las políticas públicas desde un nuevo paradigma que nos proporcionarán las infraestructuras habilitantes IoT dispuestas en las diferentes comunas.
- Hacer alianzas estratégicas con otros municipios podría permitir ahorrar costos por conceptos de economías de escala en la implementación de la infraestructura

Red IoT habilitante IoT asociadas a las luminarias públicas inteligentes, como a su vez en el uso de los diferentes recursos y actividades claves asociadas al desarrollo de Ciudades Inteligentes Abiertas.

- Realizar alianzas con instituciones que permitan estudiar y agregar valor a los servicios prestados desde la Red IoT, como universidades, institutos, centros de estudios, organismos internacionales, ONG, entre otros, aportará al desarrollo y la mejora de los procesos de las ciudades inteligentes, muy importante si lo que se pretende es estar siempre a la vanguardia de las soluciones que se propongan.
- Alianzas con los proveedores de tecnologías asociadas a las luminarias inteligentes, sensores u otros dispositivos, con el fin de proveer los mejores servicios y productos en la implementación de ciudades inteligentes.
- Alianzas con autoridades políticas, de tal forma que coloquen en la agenda pública la necesidad de desarrollar ciudades inteligentes, las cuales tengan como foco la importancia de modernizar la entrega de diferentes servicios para mejorar la calidad de vida y el bienestar de los habitantes de una determinada comuna.

Estructura de costos Los principales costos asociados al desarrollo de Ciudades Inteligentes Abiertas en las comunas de nuestro país estarán determinados por los siguientes ítems:

- Adquisición e instalación de luminarias públicas inteligentes.
- Instalación de una Red IoT inalámbrica de sensorización que conecte las diferentes luminarias públicas.
- Adquisición e instalación de elementos tecnológicos para la captura de información desde el territorio, tales como sensores, actuadores, cámaras, entre otros.
- Costos asociados a la captura, almacenamiento y procesamiento de datos captados desde la Red IoT.
- Costos fijos y variables asociados a la operación de la infraestructura habilitante multipropósito.
- Costos asociados a los profesionales, técnicos y administrativos que darán soporte al desarrollo de ciudades inteligentes a nivel comunal.
- Costos por asesorías y/o consultorías de universidades u organismos especializados en los diferentes ámbitos asociados a la implementación de ciudades inteligentes abiertas.

Modelo de negocios público-privado

Entenderemos por modelo de negocios público-privado al que tiene como mercado objetivo aquellas organizaciones privadas que brindan algún tipo de servicio a instituciones públicas, pudiendo ser tanto municipios como ministerios o servicios públicos con presencia a nivel nacional. A continuación, se presentan las principales variables y actores que dicho modelo debiese contener:

Segmento de clientes El segmento de clientes público-privado de este modelo de negocios lo dividiremos principalmente en dos grandes grupos: en el primero están las empresas privadas que les brindan servicios a municipios; en el segundo grupo están las empresas privadas que le brindan servicios a ministerios o servicios públicos que tienen presencia a nivel nacional. Es importante recalcar que utilizaremos el concepto de "clientes" para efectos de explicar el modelo de negocios y en referencia a las empresas privadas, no obstante, el modelo de negocios orientará todas sus acciones en la mejora en la calidad de vida y bienestar de los y las ciudadanos y ciudadanas, poniendo en el centro a las personas, quienes son los beneficiarios últimos de las transformaciones digitales que traerá consigo la Red IoT.

Servicios privados brindados a municipios

En esta categoría encontraremos todos aquellos servicios que concede el municipio tales como servicios de recolección de residuos, administración de estacionamientos, cuidado y mantención de espacios públicos como parques, plazas, luminarias, recintos deportivos, entre otros. También en este grupo, entran aquellas empresas privadas que brindan algún servicio particular al municipio sin necesariamente ser éste una concesión, sino que más bien son producto de

la adjudicación de alguna licitación por algún servicio específico a desarrollar durante un periodo de tiempo definido. Acá podemos encontrar servicios de seguridad, estudios en relación con algún tema específico, obras viales de menor envergadura, entre otros.

Servicios privados brindados a instituciones públicas con presencia nacional

Existen servicios privados que se ejecutan a nivel comunal los cuales no necesariamente son licitados o concesionados desde los respectivos municipios. Por ejemplo, el Ministerio de Vivienda, a través de las entidades patrocinantes, inyecta al sector de la construcción miles de millones de pesos anuales para la construcción, reparación y mantención de miles de viviendas sociales a lo largo de las diferentes comunas del país. Por otra parte, el Ministerio de Obras Públicas financia el estudio, diseño, ejecución y operación de diferentes inversiones públicas de escala mayor para mejorar la infraestructura pública y conectividad de nuestro país, las cuales tienen su expresión en las diferentes comunas.

Creación de valor

La propuesta de valor para el modelo público-privado es, en varias aristas, similar a la propuesta de valor del modelo público. Lo anterior, pues en este modelo de negocios los objetivos que se persiguen son esencialmente los mismos, con la diferencia de que en este caso el servicio lo proveerá un privado y no necesariamente un actor público. De esta manera, mencionaremos al menos dos elementos que distinguimos dentro de la propuesta de valor del presente modelo de negocios público-privado (ya fueron mencionados en el modelo público, pero acá se expresan de una manera diferente). Estos son:

- **Uso eficiente de los recursos públicos:** la información disponible desde la Red IoT proveerá datos relevantes al municipio sobre diversos servicios que en la actualidad deben concesionar a privados. Dicha información les permitirá conocer con mayor precisión las diferentes variables que están presentes en los respectivos modelos de negocio de dichos servicios, pudiendo definir de manera más acertada el costo real de cada uno de estos. Por ejemplo, de implementarse sensores en los respectivos contenedores de residuos de la comuna, se sabrá con precisión el período con el cual dichos residuos deben ser retirados, permitiendo identificar la ruta óptima que debe seguir el respectivo camión recolector y, por ende, aproximarse con mayor certeza al costo de operación de dicho servicio. El municipio podría incorporar dicho costo en la licitación, disminuyendo un eventual margen de dinero extra que en la actualidad el municipio está inyectando adicional a lo que realmente se necesita para brindar el servicio de recolección de residuos. Misma situación podría ocurrir con la mantención de parques y jardines, en donde mediante sensores se podría identificar los tiempos reales en los cuales se deben activar los diferentes sistemas de riego inteligente y actuadores que permitan cortar el suministro de agua, al detectar pérdidas o consumos en horarios no permitidos, generando con esto un importante ahorro en el consumo de agua destinada para tal efecto.
- **Mejorar la calidad de los servicios:** como bien se explicó en el acápite anterior, la información que brindará la Infraestructura Habilitante IoT de luminarias públicas inteligentes servirá, entre otros beneficios, para hacer más eficiente el gasto público municipal. De la mano con esta característica, también se proyectan mejoras en la calidad de los servicios públicos que entregan los privados en las respectivas comunas, pues la información disponible también servirá a dichas empresas para optimizar sus procesos de mejora continua, agregando valor a sus respectivos modelos de negocio. Así, por ejemplo, el servicio de estacionamientos públicos concesionados a privados podría enriquecer su oferta de valor a los automovilistas de un determinado territorio. Esto, porque la Red IoT podría entregar información de la disponibilidad de estacionamientos con la respectiva localización de cada uno de estos, haciendo más fácil la tarea a los automovilistas, descongestionando probablemente varios lugares de alta demanda por estacionamientos, reduciendo el tiempo perdido en buscar lugares y el consumo de combustible y, por ende, la huella de carbono.

- Creación de nuevas licitaciones: dada la disponibilidad de información que proveerán los diferentes sensores distribuidos en el espacio urbano, se proyecta que podrían emerger nuevos servicios que los municipios estarían interesados en otorgar a los vecinos y vecinas de la comuna. Dada las limitaciones técnicas, administrativas y de personal que poseen los municipios -lo que no es extensivo a los recursos financieros con los cuales se podría contar-, estos podrían verse en la necesidad de licitar nuevos servicios, en donde los privados que prestan servicios al municipio podrían tener la gran oportunidad de crear nuevos modelos de negocio, generando nuevas oportunidades de empleo y desarrollo para las respectivas comunas donde se implementará la Red IoT.
- Mayor control sobre las prestaciones que desarrollan los privados: controlar la ejecución de los diferentes servicios que externaliza el municipio a privados siempre ha sido un objetivo prioritario de cualquier institución pública, a fin de salvaguardar la correcta ejecución de lo estipulado en los respectivos contratos, la calidad de los servicios que se le brindan a los habitantes de una respectiva comuna y controlar la eficiente utilización de los recursos públicos. Las arcas fiscales seguramente ahorrarían varios millones de pesos por concepto de recontractar servicios mal ejecutados o realizar nuevamente licitaciones debido a empresas que dejaron de realizar su trabajo, por poner algunos casos. Lo anterior, si bien recae principalmente en los municipios, también podría ser extensivo para controlar la ejecución de trabajos realizados por empresas privadas a servicios públicos con presencia a nivel nacional tales como el Minvu y el Mop. Así, por ejemplo, a través de cámaras de televigilancia dispuestas en las respectivas luminarias públicas inteligentes, se podrían controlar al instante no solamente temas relacionados con la seguridad y el orden, sino que también el control diario sobre la ejecución de obras viales, pavimentación de calles, obras de construcción pública diversa, tales como viviendas sociales o servicios públicos en general, entre otros.

Canales de distribución

El canal de distribución para el modelo público-privado será a partir de una unidad municipal creada especialmente para el diseño e implementación de las Ciudades Inteligentes Abiertas, la cual idealmente dependerá del alcalde. En algunos casos, dicho canal de distribución podría ser utilizado para mejorar un servicio que ya está siendo entregado a la comunidad, como los estacionamientos públicos y la recolección de residuos, o bien para explorar junto con las entidades privadas nuevas posibilidades de servicios, creando nuevos modelos de negocios que sean sustentables y atractivos para el mercado.

Por otra parte, cabe mencionar que los procesos de contratación y compra por parte de las entidades públicas, entre ellas los municipios, se encuentran estrictamente regulados y normados. Por tanto, una vez realizado el proceso de socialización y búsqueda de nuevos proveedores privados para los servicios públicos requeridos, el proceso de evaluación de cada una de las nuevas oportunidades de negocio y compra deberá enmarcarse en dicha normativa y legislación vigente.

En ese contexto, la unidad municipal responsable de la implementación de las Ciudades Inteligentes Abiertas, en conjunto con la unidad de administración y finanzas del municipio, serán los encargados de definir las condiciones para la contratación, las que quedarán claramente establecidas en las bases de licitación. Estas operarán como el medio por el cual los diferentes oferentes se relacionarán con la unidad municipal, debiendo ellos evaluar de manera independiente las ventajas y desventajas de postular a cada una de las respectivas licitaciones, pudiendo relacionarse con la unidad municipal encargada mediante el período de consultas establecido en cualquier licitación pública que se realiza.

De esta manera, la oferta de valor propuesta desde el municipio hacia la ciudadanía, la cual materializará un actor privado que proveerá de los respectivos servicios licitados, quedará establecida según las bases y condiciones de licitación, incluyendo en esta los montos en dinero, plazos y condiciones de posventa que el proveedor deberá comprometer y cumplir para el éxito de los servicios inteligentes prestados en las respectivas comunas del país.

Relación con los clientes Tal como se indicó en la definición del presente modelo público-privado, entenderemos por cliente a todas aquellas empresas privadas que brindan algún tipo de servicio a instituciones públicas. En ese contexto, la relación que establecerá la unidad municipal responsable de la Ciudad Inteligente Abierta y dichas empresas será una relación transversal y horizontal, de colaboración y cooperación mutua, en donde se pondrá en práctica el concepto de *partnership* entre actores públicos y privados (*Public Private Partnership* - PPP, Grout, 2008), entendiendo que privados y sector público trabajan de manera coordinada y conjunta para brindar soluciones públicas que van en directa mejora de la calidad de vida y bienestar de las personas.

No obstante, dicha relación de cooperación y trabajo coordinado se formalizará mediante la firma de contratos cuyas condiciones quedarán claramente establecidas en las bases de licitación y términos de referencias que regularán la relación entre los actores públicos y privados.

Modelo de ingresos En el presente modelo público-privado no se avizoran fuentes de ingreso directas por concepto de la contratación de servicios desde las entidades públicas hacia entidades privadas. Esto, debido a que el presente modelo de negocios prioriza la interacción entre el mundo público y el privado mediante licitaciones, a partir de requerimientos existentes o que pudiesen existir desde el municipio hacia algún prestador privado de servicios. Sin embargo, lo que sí pudiese considerarse en este punto son los eventuales ahorros en los cuales podría incurrir el municipio por este concepto. Aquí el municipio podría estimar con mayor precisión los costos asociados a las respectivas licitaciones de diversos servicios que se brindan a la comunidad o bien proponer nuevos modelos de costos producto de la información que proporcionarán los diferentes sensores dispuestos para medir los respectivos servicios. Por ejemplo, la colocación de sensores para medir cuándo realizar los retiros de residuos permitiría establecer una ruta óptima de los respectivos camiones recolectores y, por ende, una reducción del costo real asociado a dicho servicio. De esta manera, la información que podrían proporcionar este y otro tipo de sensores permitirían a los municipios tener información más fidedigna y real sobre los diferentes procesos y sus costos, produciendo ahorros en aquellos factores por los cuales hoy el municipio está pagando sumas de dinero que probablemente no van a cubrir un costo real por la prestación de algún servicio.

Recursos claves En el modelo público-privado, los recursos claves serán el complemento de los recursos mencionados en los dos modelos analizados anteriormente (el público y el privado), es decir, consideraremos recursos claves a todo lo que tenga relación con los insumos relacionados a la infraestructura habilitante de luminarias inteligentes.

De esta manera, los recursos claves identificados son:

- Luminarias públicas inteligentes.
- Empresa proveedora de las luminarias inteligentes y los servicios asociados a su operación.
- Red IoT inalámbrica de sensorización que conecte las diferentes luminarias.
- Sensores, actuadores, cámaras, entre otros elementos tecnológicos, que permitan captar información del territorio y del ambiente.
- Soporte técnico e informático para el procesamiento y almacenamiento de la información tales como *software*, *hardware*, insumos técnicos, entre otros.
- Un territorio definido; en el caso de este modelo de negocio, una comuna.
- Inversión pública aportada por el municipio para la instalación de las luminarias públicas inteligentes.
- Personas que den vida desde el territorio a las diferentes acciones para implementar la Red IoT, entre ellas, profesionales, técnicos y administrativos.

Actividades claves

Dentro de las actividades claves que se deben realizar para el éxito del modelo de negocios orientado a las organizaciones público-privadas encontraremos varias que ya están presente en los dos modelos revisados anteriormente. Entre las más importantes podemos ver:

- Almacenamiento de la información, datos u otros insumos proveídos desde la red.
- Mantenimiento y actualización de la plataforma tecnológica que soportará la información disponible desde la red.
- Difusión de los beneficios y usos de la Red IoT en las diferentes empresas privadas que pudieran tener interés en desarrollar aplicaciones inteligentes en el contexto de una determinada comuna.
- Instalación de sensores en espacios urbanos o lugares de la vida cotidiana de las personas para realizar mediciones que sean de interés del mundo privado para obtener información.

Sumado a lo anterior, en el presente modelo se incorporan actividades claves como:

- Elaboración de licitaciones que ofrezcan servicios a la ciudadanía alineados con los objetivos y principios de las ciudades inteligentes.
- Establecimientos de contratos que regulen las diferentes prestaciones de servicio realizadas por los privados hacia las entidades públicas.
- Mantener actualizada la información proporcionada por los diferentes sensores dispuestos en el espacio urbano de la comuna, de manera tal de hacer más eficiente y controlar de mejor manera la relación con las organizaciones público – privadas.
- Apoyarse en instituciones de índoles académicas o relacionadas a la innovación, de tal manera de mantenerse a la vanguardia de nuevos servicios posibles de aplicar en la Red IoT comunal, los cuales pudieran traducirse en nuevos servicios a demandar por parte de las instituciones públicas a los privados.
- Difundir a nivel empresarial las virtudes de la red inteligente asociada a las Ciudades Inteligentes Abiertas, de tal forma de atraer a nuevas empresas privadas interesadas en brindar servicios bajo este concepto a las instituciones públicas.

Red de aliados

Como bien hemos dicho a lo largo de los modelos de negocios analizados, la cantidad de oportunidades que podrían surgir con la implementación de una Red Inteligente es tan amplia como la cantidad de actividades económicas que existen en una comuna. No obstante, para que dicha premisa se materialice y se exprese en soluciones reales que vayan en directo beneficio de los habitantes de una determinada comuna, particularmente en una economía de mercado como la nuestra, dicha expansión recaerá principalmente en la cantidad de actores privados interesados en proponer alguna oferta de valor en el contexto de los servicios y ventajas que ofrecerá una Ciudad Inteligente Abierta. De ahí, la Red de aliados en un modelo público-privado adquiere especial importancia, en donde podemos identificar como principales socios estratégicos las siguientes entidades y/o actores:

- Empresas privadas cuyos modelos de negocio se enfoquen en brindar servicios al sector público.
- Empresas privadas que ya estén brindando algún tipo de servicio a instituciones públicas con presencia nacional pero que no hayan visto en el nivel comunal una oportunidad de negocio en la cual ofertar sus servicios a través de la postulación a alguna licitación.
- Instituciones de educación superior o centros de investigación interesados en estudiar y proponer nuevas soluciones inteligentes dependientes de la Red IoT.
- Autoridades ministeriales y/o gubernamentales que ayuden a instalar como prioridades de sus respectivas carteras públicas las soluciones inteligentes que proveerá la Red IoT, de tal forma que se generen políticas públicas a nivel nacional -de implementación a nivel comunal- que permitan activar la relación público-privada desde los respectivos municipios.
- ONG nacionales e internacionales vinculadas a la promoción de ciudades que pongan en el centro el desarrollo a las personas.

Estructura de costos

La estructura de costos del modelo público-privado posee características muy similares a las planteadas en el modelo público. Esto, debido a que el principal costo para el municipio es la instalación de la Red IoT habilitante, la que servirá también como soporte para el presente modelo. Dentro de estos costos que hemos identificado podemos mencionar:

- Adquisición e instalación de luminarias públicas inteligentes.
- Instalación de una Red IoT inalámbrica de sensorización que conecte las diferentes luminarias.
- Adquisición e instalación de elementos tecnológicos para la captura de información desde el territorio, tales como sensores, actuadores, cámaras, entre otros.
- Costos asociados a la captura, almacenamiento y procesamiento de datos captados desde la Red IoT.
- Costos fijos y variables asociados a la operación de la Red IoT habilitante.
- Costos asociados a los profesionales, técnicos y administrativos que darán soporte al desarrollo de ciudades inteligentes abiertas a nivel comunal.
- Costos por asesorías y/o consultorías de universidades u organismos especializados en los diferentes ámbitos asociados a la implementación de ciudades inteligentes.

Sumado a lo anterior, podemos mencionar algunos costos asociados principalmente a la licitación de algunos servicios. Entre ellos, por ejemplo, se encuentran los costos asociados al recurso humano que debe destinar cada municipio para elaborar las licitaciones tanto en su aspecto técnico como administrativo. transaccional" (Coase, 1937), de igual manera, acá recurriremos al concepto académico de los "costos de transacción", lo cual se resume principalmente en todos aquellos costos en los que incurren las organizaciones cuando deciden ir a buscar al mercado la prestación de algún servicio y no producir este con los propios recursos que posee dicha organización. Dentro de estos costos, podemos encontrar los asociados a la investigación y fijación del precio del servicio que se pretende contratar, costos asociados a la búsqueda del proveedor, costos de comunicación, negociación y, finalmente, los costos asociados a la contratación del servicio.

Alianzas público-privadas

Según el Banco Mundial (2018), las Alianzas Público-Privadas (APP) (*Public-Private Partnership* - PPP) pueden ser un instrumento para satisfacer estas necesidades de servicios de infraestructura.

Cuando se diseñan adecuadamente y se implementan en entornos regulatorios equilibrados, pueden aportar mayor eficacia y sostenibilidad a la prestación de servicios públicos como agua, saneamiento, energía, transporte, telecomunicaciones, atención de salud y educación. Este tipo de alianzas es fundamental para el desarrollo de territorios inteligentes; de hecho, la Comisión Europea emitió en 2016 un informe que proporciona esquemas más apropiados para financiar soluciones de Ciudades Inteligentes Abiertas, para que tengan éxito. Dentro de su estudio, la combinación de fondos públicos y privados son los más significativos, ya que el uso de esquemas PPP facilita el desarrollo de grandes proyectos en ciudades inteligente, al ser contratos estandarizados y emplear grandes cantidades de capital. En la tabla 8.1 se muestran los tipos de modelos contractuales de Asociación Público-Privada.

Tipos de modelos contractuales en una asociación público-privada para inversión en una Ciudad Inteligente Abierta

Build Operate Transfer (BOT): implica un acuerdo entre las contrapartes privadas y públicas comprometidas a cubrir el diseño, fases constructivas y operativas del proyecto de inversión. Los ingresos por la compañía operadora generalmente se obtienen en forma de una tarifa cobrada a la comunidad / gobierno.

Design, Build, Operate and Transfer (DBFO): un solo contratista con capacidades de financiamiento diseña, construye y opera el proyecto para un cierto período.

Build Own Operate (BOO): involucra a un socio del sector privado tomando bajo su responsabilidad todas las fases de un proyecto desde la construcción y el financiamiento hasta las operaciones. La principal diferencia con otros modelos, especialmente DBFO, está relacionado con el hecho de que una empresa podría construir, operar, pero también poseer un proyecto para todo su ciclo de vida físico.

Energy Service Companies (ESCO): proporciona financiación directa al invertir y utilizar su experiencia y conocimientos internos para desarrollar los proyectos. Los pasos principales que suelen seguir las ESCO en relación con los proyectos involucrados son: un primer análisis de los datos recopilados, contratación, diseño, ejecución, monitoreo y mantenimiento.

Financial Lease: el arrendamiento financiero involucra a tres actores principales: una entidad financiera, el contratista (entidad privada) y el principal (entidad pública). Bajo esta forma contractual, el financiamiento es provisto al contratista por una entidad financiera, que luego es reembolsada por la entidad pública mediante arrendamiento pagos.

Sponsorship Agreement: el acuerdo de patrocinio permite a las entidades públicas cooperar con el sector privado para promover proyectos innovadores en el sector gubernamental y para ejecutar obras públicas, aumentando la calidad de servicios. El papel desempeñado por la entidad privada suele estar relacionado con la provisión de capital o bienes, mientras que la entidad pública se centra en establecer metas y objetivos para el proyecto.

A continuación, se describen los tipos de alianzas público-privadas más recurrente en Chile.

Concesiones

En general, una concesión es una asociación entre el sector público y un privado, que se manifiesta en un contrato administrativo a través del cual el sector público encarga a una empresa privada la ejecución de ciertas funciones que le son propias (en este caso, la construcción o reparación de una obra pública), para lo cual el privado percibe el pago de un precio o tarifa durante cierta cantidad de tiempo por concepto de explotación.

En Chile existe la Dirección General de Concesiones dependiente del Ministerio de Obras Públicas y tiene la misión de proveer, resguardar y mejorar las obras y servicios de infraestructura pública. Los municipios, de acuerdo con sus características propias territoriales de la comuna, también pueden implementar soluciones inteligentes para incrementar su capacidad de generar ingresos y, a la vez, tener a disposición infraestructura habilitante para avanzar en la construcción de territorios inteligentes. A continuación, se describen estas dos formas de concesión:

- Concesiones en infraestructura pública: en 1996 se promulgó la Ley de Concesiones (Decreto MOP N° 900), que permite al Ministerio de Obras Públicas otorgar en concesión toda obra pública. La Ley de Concesiones establece que la adjudicación de las concesiones se efectúe vía licitación pública, nacional o internacional. Adicionalmente, el ministerio puede hacer un llamado a precalificación de empresas o consorcios cuando la obra revista especiales características de complejidad, magnitud o costo. Cabe señalar que los contratos de concesión se rigen por las normas establecidas en el Reglamento de Concesiones (D.S MOP N° 956 de 1997). Cabe señalar que los contratos de concesión son del tipo B.O.T. (*Build, Operate and Transfer*), o bien DBOT (*Design, Build, Operate and Transfer*). Ambos sistemas comprometen la participación del sector privado en el diseño, la construcción y explotación de una obra pública, de manera que, una vez finalizado el plazo de concesión, la empresa o consorcio adjudicado entregue la obra al Estado en condiciones óptimas, con el fin de volver a licitar (MOP, 2020).

A continuación, en la figura 8.2, se presenta un esquema propuesto por Toro (2009) de las interacciones de los participantes privados y su relación con el MOP en el marco de la estructuración de un contrato de concesión. Este puede servir de base para visualizar el ecosistema que se genera en el caso de concesiones de infraestructura habilitante, como cables, fibra óptica y redes de telecomunicaciones por radiofrecuencia (3G, 4G, 5G o radio) o alumbrado público mediante luminarias públicas inteligentes.

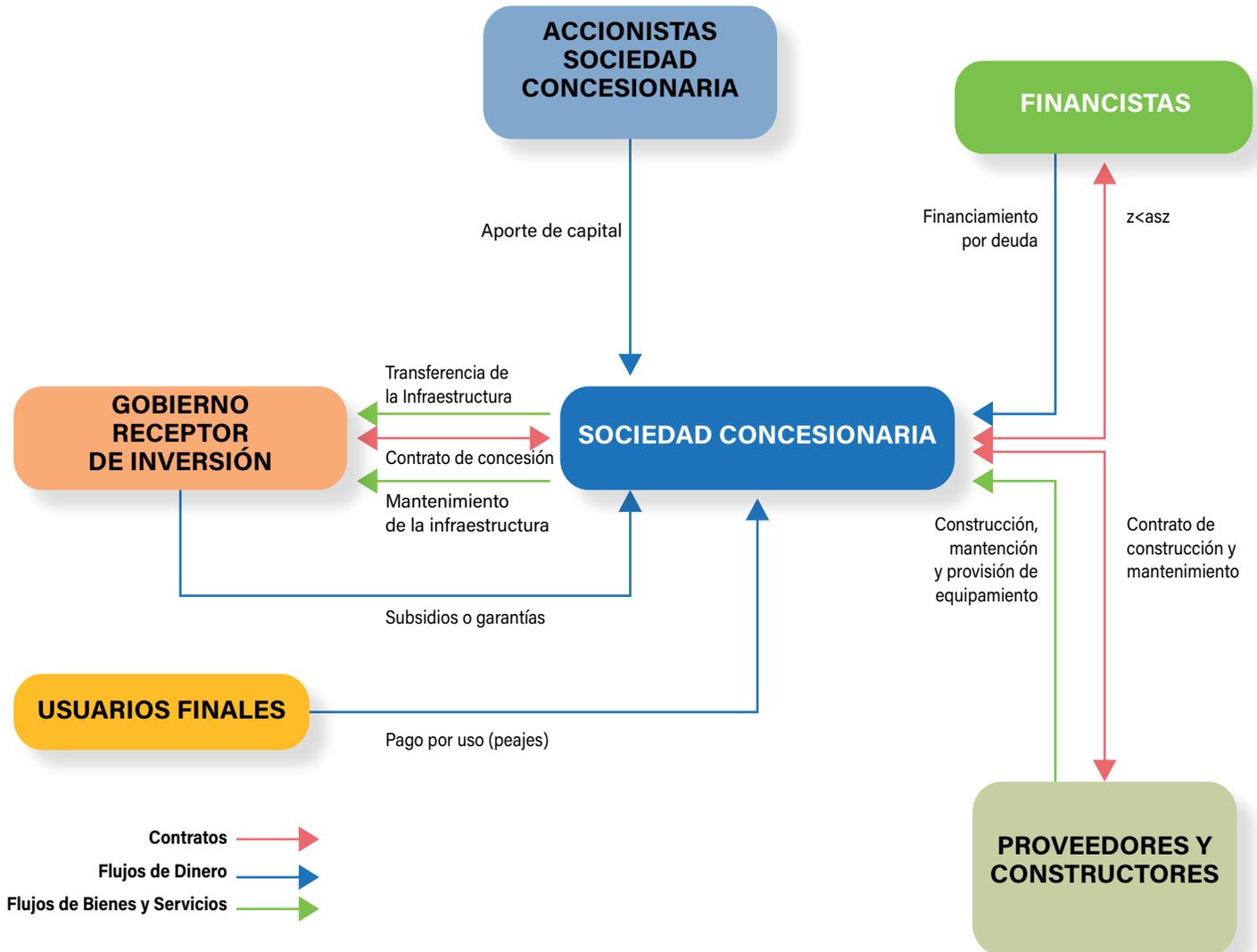


Figura 8.2 Actores interrelacionados en un contrato de concesión / Fuente: Toro (2009).

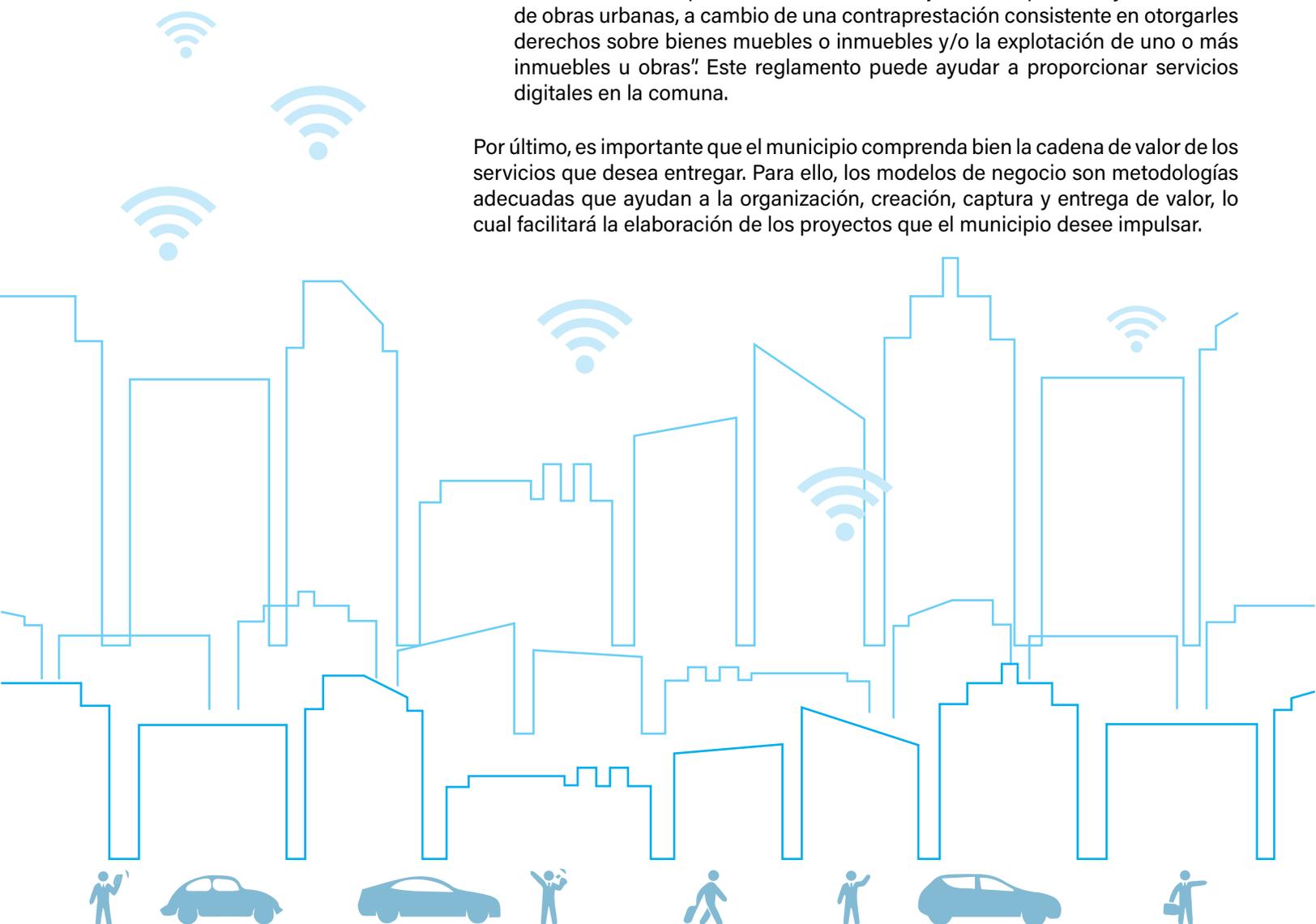
- **Concesiones municipales:** Las comunas disponen de activos susceptibles de ser concesionados, los que, mediante la implementación de soluciones de Ciudad Inteligente Abierta, pueden mejorar la prestación de sus servicios digitales, así como incrementar su capacidad para generar ingresos. A modo de ejemplo conviene examinar la situación de los estacionamientos concesionados en la comuna de Santiago. En el informe Modelo de Negocios para el Desarrollo de Redes de Comunicaciones IoT Habilitantes y Multipropósito a Nivel Municipal (Corfo-Acti-Quam, 2019), se señala que la Municipalidad de Santiago concesionó 3.018 estacionamientos en 2017, lo que le generó un ingreso de UF 1,7 mensuales - equivalentes a \$ 48.790 (a un valor de Uf de \$ 28.700), es decir, un ingreso mensual de \$ 147.248.220, lo que representa un ingreso anual estimado de \$ 1.766.978.640, valor independiente de las tasas reales de ocupación de los estacionamientos. Sin embargo, al hacer un ejercicio para medir la participación del municipio en los ingresos obtenidos para distintas tasas de ocupación, se advierte que cada incremento del 10% significa \$ 121 millones adicionales de ingresos al concesionario cada

mes, cifra cercana al valor total recibido por el municipio mensualmente. Por ende, existe un gran potencial para avanzar en tener estacionamientos inteligentes considerando sensores, tótems, aplicaciones móviles (APPs), etc., para mejorar los servicios de la comuna y, además, aumentar la recaudación municipal mediante un nuevo tipo de concesión.

Otras alianzas Existen otras alianzas que se pueden establecer entre los municipios/Bienes Nacionales y privados, que pueden fortalecer el avance a la creación de territorios inteligentes, como, por ejemplo:

- a) Permisos precarios: autorizaciones que tienen un carácter temporal y que, además, no transfieren el dominio de los espacios en bienes nacionales de uso público o municipal. Pueden usarse para ofrecer servicios digitales como, por ejemplo, sistemas de bicicletas compartidas, uso de tótem con pantalla con publicidad e información, etc.
- b) Contraprestaciones: en 2003 se decretó (DTO N° 132 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo) el Reglamento del sistema de financiamiento urbano compartido, que en su artículo 1°.- dice: "El presente reglamento complementa las normas necesarias para el funcionamiento del Sistema de Financiamiento Urbano Compartido, creado por ley N° 19.865, en adelante Ley de FUC, conforme al cual los Servicios Regionales de Vivienda y Urbanización, en adelante los Serviu, y las Municipalidades podrán convenir con terceros contratos de participación, destinados a la adquisición de bienes o a la ejecución, operación y mantención de obras urbanas, a cambio de una contraprestación consistente en otorgarles derechos sobre bienes muebles o inmuebles y/o la explotación de uno o más inmuebles u obras". Este reglamento puede ayudar a proporcionar servicios digitales en la comuna.

Por último, es importante que el municipio comprenda bien la cadena de valor de los servicios que desea entregar. Para ello, los modelos de negocio son metodologías adecuadas que ayudan a la organización, creación, captura y entrega de valor, lo cual facilitará la elaboración de los proyectos que el municipio desee impulsar.



Centro Urbano de Gestión Inteligente

En este capítulo se revisarán los siguientes puntos:

- **Definiciones**
- **Tecnologías para gestión de datos urbanos**
- **Propuesta de implementación en el país**
- **Propuesta de modelo de operación e integración de la red**

Definiciones

Las Ciudades Inteligentes Abiertas son sistemas complejos, con interconexiones dinámicas e interdependencias entre sistemas o dominios individuales. Los diferentes procesos de gestión de la ciudad pueden depender de dominios diferentes como: transporte, servicios e infraestructuras, calidad medioambiental, actividad económica, seguridad, logística de recursos y otras. La información que permite la coordinación de una ciudad se gestiona en múltiples sistemas e instituciones sectoriales (ministerios, municipalidades, departamentos y otros) que no necesariamente están coordinadas entre sí. Esto dificulta la capacidad de respuesta integral, amplificando la fragilidad de los sistemas e infraestructuras.

Para que una ciudad alcance un mayor grado de efectividad y eficiencia, debe mejorar la gestión y uso de la información crítica disponible. Para avanzar en esta dirección, se hace necesario la implementación de Centros Urbanos de Gestión Inteligente (*Intelligent Operation Center-IOC*).

Los IOC consideran la integración de los recursos y sistemas de la Ciudad Inteligente Abierta, reuniendo en un mismo espacio físico la estructura tecnológica (computadoras, sistemas de aplicaciones y monitores de los sistemas digitales), la infraestructura física (salas de operación, gestión de crisis, etc.), la infraestructura de procesos, el personal y representantes de varios organismos públicos y proveedores de servicios, centrado en un enfoque colaborativo e integrado de los temas que serán atendidos, en lo que debe ser el cerebro de una Ciudad Inteligente Abierta.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=2oFpOvjjsOE>

Para el IOC, es importante enfocarse en la colaboración de las diferentes entidades y pensar en la integración de esos departamentos en el mismo ambiente o en una estructura de interoperabilidad y conexión en tiempo real. Un IOC está conectado a la ciudad en tiempo real por medio de Internet y de diferentes redes de comunicación con los miles de sensores y dispositivos digitales diseminados por la red urbana, cámaras de video y otros equipos generadores de información. Está equipado con computadoras y programas de procesamiento de grandes cantidades de datos y sistemas de análisis, que permiten que sus operadores den seguimiento al movimiento de la ciudad en vivo, tomen decisiones que permitan actuar en situaciones de rutina o que intervengan rápidamente en situaciones de emergencia, como inundaciones, accidentes o situaciones graves de seguridad.



Fuente: <https://use.metropolis.org/case-studies/rio-operations-center>

Uno de los atributos más relevantes de un IOC es la inteligencia, que le permite hacer análisis predictivos a partir de la comparación y el análisis de una gran cantidad de datos (*Big Data*) en tiempo real y, como consecuencia, facilita la toma de decisiones para una acción preventiva, antes de que los problemas ocurran o se agraven.

Por la capacidad de almacenar y analizar una gran cantidad de datos, un IOC facilita el desarrollo de sistemas de Gestión por Resultados (*Results Based Management*), que permiten monitorear la administración de la municipalidad. El componente principal es el sistema de indicadores o KPI, que muestra, por ejemplo, en qué grado se cumplieron las previsiones hechas en el plan de gobierno municipal.

Los diversos sistemas que componen una ciudad pueden ser entendidos como un ecosistema, el que, asistido por el IoT y las tecnologías de comunicaciones, permite la interconexión de las infraestructuras físicas, de las actividades de negocios, de las redes sociales y de información, de forma inteligente -de manera similar a una red neuronal-, para llevar a cabo decisiones de operación, respuestas en tiempo real y coordinación de acciones.

Un Centro Urbano de Gestión Inteligente se implementa mediante este IOC, el cual se compone de una plataforma de *software* configurada para desarrollar administración unificada de datos, colaboración de negocios, análisis integral para decisiones y otras funciones, con características propias en cuanto a la dimensión de los datos a manejar, rangos de integración de data, áreas de aplicaciones y otros campos.

Un IOC debe ser modelado y contar con capacidades para:

- Recibir información de diversas y disímiles fuentes.
- Integrar rápida y eficientemente esa información.
- Generar mecanismos que potencien la toma de decisiones de manera de maximizar su efectividad.
- Entregar a los líderes urbanos, tanto públicos como privados, métricas de operación y estados de avance sobre la diversa información de la ciudad, de forma personalizada y con el fin de facilitar su interpretación y permitir la toma de decisiones en las diferentes escalas de operación.

Un IOC debe proveer a los diferentes agentes o departamentos de gestión urbana una plataforma para la toma de decisiones, al integrar la diversa información disponible, de una forma coherente y ajustada a la escala del usuario.

Los conflictos que debe enfrentar una ciudad contemporánea corresponden al envejecimiento de sus infraestructuras, la escasez de presupuesto, cambios poblacionales y el aumento de diversas amenazas. Los encargados de la administración y operación de la ciudad se encuentran con los siguientes desafíos:

- Las ciudades actuales se encuentran divididas en áreas de operación, o sistemas de infraestructura, separados, que no establecen una comunicación efectiva y, en consecuencia, es imposible la administración de la ciudad como un total.
- No existe un espacio único en el que los administradores de la ciudad puedan recibir información en tiempo real, o reportes históricos de eventos importantes en la ciudad.
- Los diferentes sistemas existentes de operación de la ciudad solo administran información de su área, sin ninguna consideración de otras que los puedan afectar.
- La cantidad de información que genera una ciudad en su operación diaria es tan grande, que es complejo visualizarla e incluso difícil conseguir información relevante a partir de ella.

Un IOC debe ser capaz de enfrentar estos desafíos, permitiendo la visualización coherente de información, la administración de los diversos sistemas urbanos de forma integrada y la supervisión de procesos de toma de decisiones ante eventos emergentes.

El objetivo de un IOC es permitir la gestión y administración estructurada de los datos generados en los sistemas urbanos inteligentes, con el fin de desarrollar procesos y aplicaciones IoT para ciudades inteligentes que redunden en servicios hacia la comunidad y apoyen procesos de gobernanza. Los grupos de aplicaciones que deberá resolver un centro de administración de datos son diversos y dependen de las características del territorio. En la figura 9.1 se identifican los siguientes:

Aplicaciones IoT para Ciudades Inteligentes Abiertas

Estacionamientos inteligentes Número de autos / Llegadas y salidas / Monitoreo ambiente / Tickets electrónicos / Control de congestión de tráfico	Transportes, vehículos y tráfico Monitoreo por cámaras / Monitoreo del ambiente / Planificación / de viajes / Reducción de congestión vehicular / Manejo de vehículos asistido
Hogares inteligentes Respuesta / Detección de fuego / Monitoreo de temperatura / Sistemas de seguridad / Soporte para redes sociales	Contaminación ambiental Monitoreo de gases invernadero / Eficiencia energética / Uso de energías renovables / Monitoreo calidad del aire / Monitoreo contaminación acústica
Salud Gestión inteligente / Seguimiento / Identificación / Recolección de datos / Sensorización	Sistemas de vigilancia inteligentes CCTV / Detección de violencia / Monitoreo en espacios públicos / Seguimiento de objetos e individuos / Comunicación con policía
Monitoreo de clima inteligente Condiciones del clima / Calidad del agua / Fugas de agua / Nivel de agua / Contaminación del agua	Alumbrado público inteligente Programación / Detección de fallas / Transmisión de consumo / Administración de inventario / Detección de eventos

Figura 9.1 Potenciales áreas de aplicaciones IoT. / Fuente: elaboración propia.

Un IOC deberá ser capaz de enfrentar el manejo de información relacionado con las diversas áreas definidas por el municipio, permitiendo el monitoreo en tiempo real y la generación de indicadores (KPI), análisis de la información, generación de reportes según usuario y coordinación de acciones de respuesta ante eventos.

Una Ciudad Inteligente Abierta puede considerarse como un “sistema de sistemas” complejo, con interconexiones dinámicas e interdependencias entre sistemas o dominios individuales. La interdependencia es inherente a los sistemas complejos. La información crítica en una ciudad generalmente se almacena en múltiples sistemas diferentes, en múltiples departamentos desconectados entre sí. Se requiere que una ciudad sea efectiva y eficiente mediante el uso de la información crítica disponible. Un IOC permite un enfoque para gestionar las operaciones inteligentes de la ciudad con una perspectiva holística totalmente integrada e interconectada.

Una de las características propias de un IOC es que permite conectar a varias fuentes de datos de la ciudad (por ejemplo, tráfico y seguridad pública), por medio de una interfaz visual para los operadores que integra la información, y que permite una comunicación bidireccional para la interacción con los ciudadanos. La figura 9.2 muestra la interfaz de IBM.

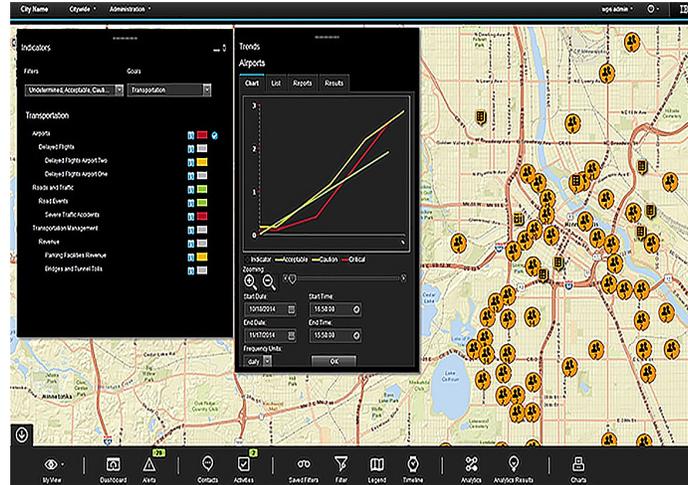


Figura 9.2. Interfaz de IBM - IOC, (Carrato et. al, 2012).

En términos de usabilidad, un IOC proporciona una interfaz visual que se puede personalizar según el rol del operador. Esta interfaz hace posible las siguientes funcionalidades:

- Reunir diferentes fuentes de datos para proporcionar una perspectiva completa.
- Presentar información crítica para una fácil comprensión.
- Mostrar datos sintéticos, para analizar y generar acciones.
- Supervisar flujos de trabajo en tiempo real y generar alertas.

La operación de un IOC considera:

a) Visualización sobre panel de operaciones de ciudad

El panel de operaciones de ciudad, de una Ciudad Inteligente Abierta IOC, provee una percepción multidimensional e integrada de los estados de situación de la ciudad tanto a escala macro como escala micro.



Figura 9.3. Panel de operaciones de ciudad Huawei Ciudad Inteligente IOC Fuente: Huawei 2018

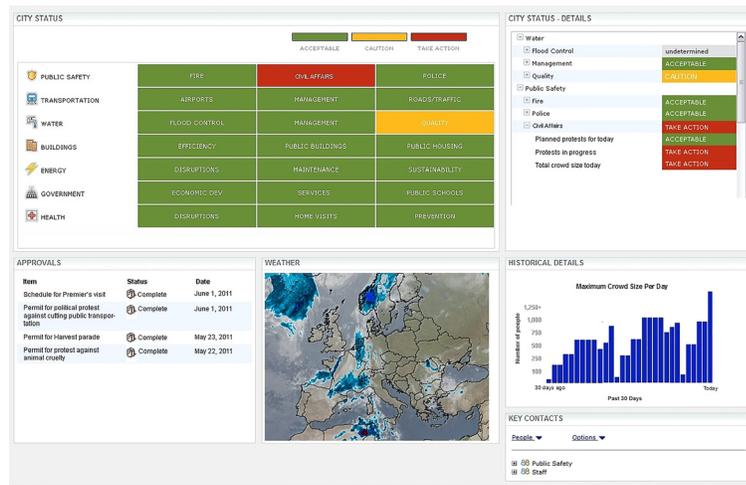


Figura 9.4. Interfaz de IBM - IOC /Fuente: (Carrato et. al, 2014).

b) Soporte para la toma de decisiones

El IOC puede realizar análisis de comparación, análisis de correlación, análisis de tendencias y análisis en profundidad de grandes cantidades de información de la ciudad, y proporcionar visualización de resultados gráficos. A través de análisis temáticos de los desafíos para la gestión de las ciudades, la Ciudad Inteligente Abierta IOC busca encontrar soluciones de origen científico para asistir a los administradores de la ciudad en tomar las mejores decisiones. Por ejemplo, el IOC puede generar advertencias basadas en perfiles y modelos predictivos, ayudando a los administradores de la plataforma a desarrollar políticas económicas regionales o analizar el impacto de las migraciones poblacionales en sistemas de transporte público, educación, salud pública y medioambiente, de manera de facilitar la planificación urbana.



Figura 9.5. Soporte para la toma de decisiones Huawei Ciudad Inteligente IOC
Fuente: Huawei 2018



Figura 9.6 Soporte para la toma de decisiones Huawei Ciudad Inteligente IOC
Fuente: Huawei 2018

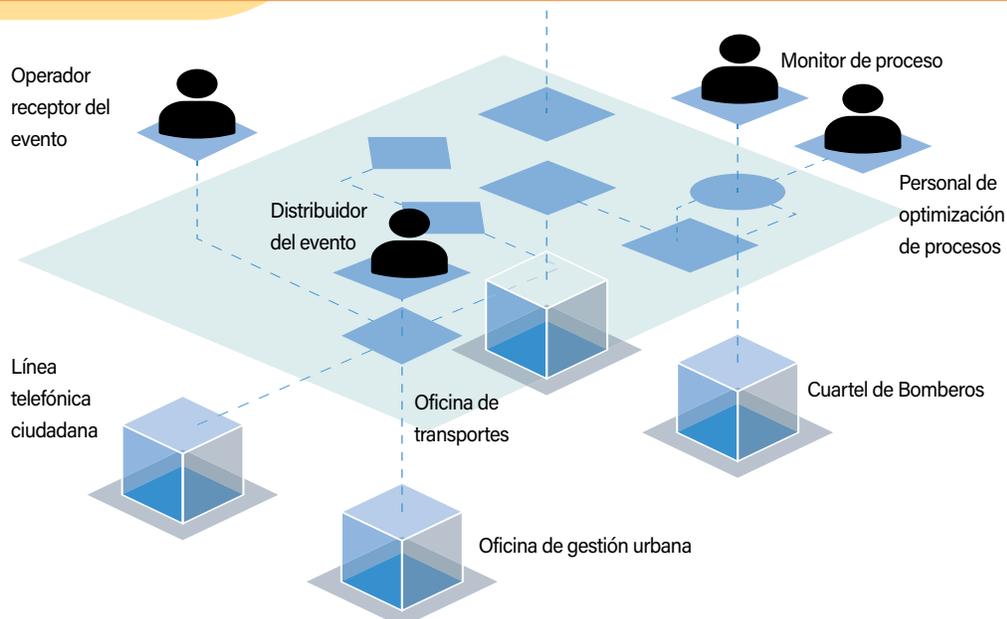


Figura 9.7. Plataforma de gestión de eventos Huawei Ciudad Inteligente IOC
Fuente: Huawei 2018

c) Gestión de eventos

El IOC permite una gestión de eventos de manera integrada entre distintos departamentos, monitorea procesos de respuesta ante eventos, actualiza y optimiza procesos de respuesta y evalúa la performance de los procesos, mejorando la eficiencia de las colaboraciones interdepartamentales. La función de manejo de eventos dentro de la plataforma de Ciudad Inteligente Abierta IOC no está diseñada para reemplazar las aplicaciones existentes en cada unidad del gobierno local, sino que busca conectar estos distintos sistemas para depurar y aumentar la efectividad de las interacciones entre distintos departamentos. A través de la comparación y convergencia de eventos existentes, se pueden predecir eventos futuros para hacer que la gestión de eventos por parte de los gobiernos municipales se vuelva más inteligente.

d) Monitoreo y advertencias

El IOC recolecta y filtra información de advertencias (como riesgos geológicos, inestabilidad social, alertas climáticas, accidentes de tráfico severos, sustancias explosivas y riesgos de incendio) de los sistemas de aplicación de los distintos departamentos. Posteriormente, ejecuta un análisis de correlación, detecta riesgos potenciales basados en modelos de advertencia, determina también niveles de riesgo y responde a cada alarma tomando medidas apropiadas según el caso.



Figura 9.8. Monitoreo y advertencias de riesgo Huawei Ciudad Inteligente IOC
Fuente: Huawei 2018

El Ciudad Inteligente Abierta IOC también puede interconectarse con sistemas de IoT para obtener información en tiempo real respecto a distintos dispositivos y su estatus de operación, analizar y detectar potenciales riesgos en tiempo real basado en modelos de advertencia, generar mensajes de alerta y asistir a través de todo el proceso de respuesta a un evento o emergencia.

e) Comando de emergencias

Cuando ocurre un evento de grandes proporciones, el sistema de comando de emergencias ejecuta el plan definido con anterioridad. Gracias a que una plataforma IOC trabaja con procesos de información y servicios depurados, la policía, el transporte público, bomberos y rescatistas pueden ser despachados, localizados y organizados de manera rápida y organizada.

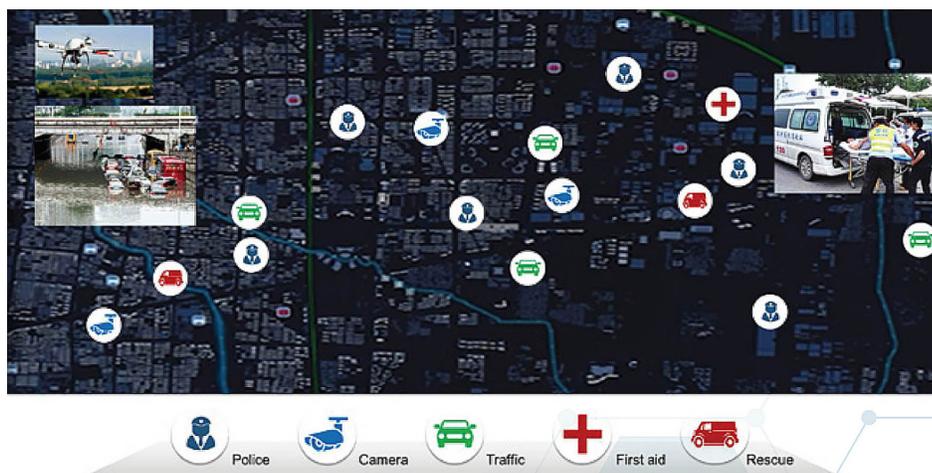


Figura 9.9. Colaboración interdepartamental Huawei Ciudad Inteligente IOC

Fuente: Huawei 2018

La implementación de un IOC en el país debe considerar la relación entre los centros de operación inteligente y la gobernanza urbana, con el fin de potenciar las características de una gobernanza inteligente, como son: desarrollar servicios de gobierno inteligente, procesos de participación ciudadana reforzados por la comunicación digital y procedimientos de integración de los sistemas de datos en los procesos regulares de administración del gobierno local. De esta forma es posible avanzar para lograr las características de un gobierno inteligente (*smart governance*) mediante la implementación de un IOC.

La realidad actual con respecto a las capacidades instaladas en las municipalidades para emprender proyectos de complejidad, como la implementación de un IOC, requerirán de un análisis caso a caso, donde cada municipalidad debe evaluar críticamente sus propias capacidades para, de ser necesario, implementar medidas pertinentes que permitan subsanar brechas que pudiesen interferir en la adecuada ejecución de un plan de implementación.

La formación del capital humano, las asesorías de expertos externos e incluso la posibilidad de creación de nuevas unidades o reestructuraciones dentro de la organización interna de la municipalidad son todas posibilidades que aparecen como potenciales formas de enfrentar este desafío.

Propuesta de implementación en el país

A escala municipal

La integración de un IOC en la estructura orgánica de un municipio debe considerar diversos aspectos o alternativas que permitan potenciar correctamente su implementación:

El IOC puede ser integrado en los procedimientos de la mayoría de los departamentos municipales posibles, con el fin de potenciar la interacción de las diferentes áreas.

Es necesario definir un área de gestión y liderazgo en la orgánica municipal que haga el rol de dirección del IOC (Secpla, Infraestructura u otro), como también es posible generar unas nuevas direcciones o departamentos a cargo de la administración del sistema.

Diagrama de organización municipal

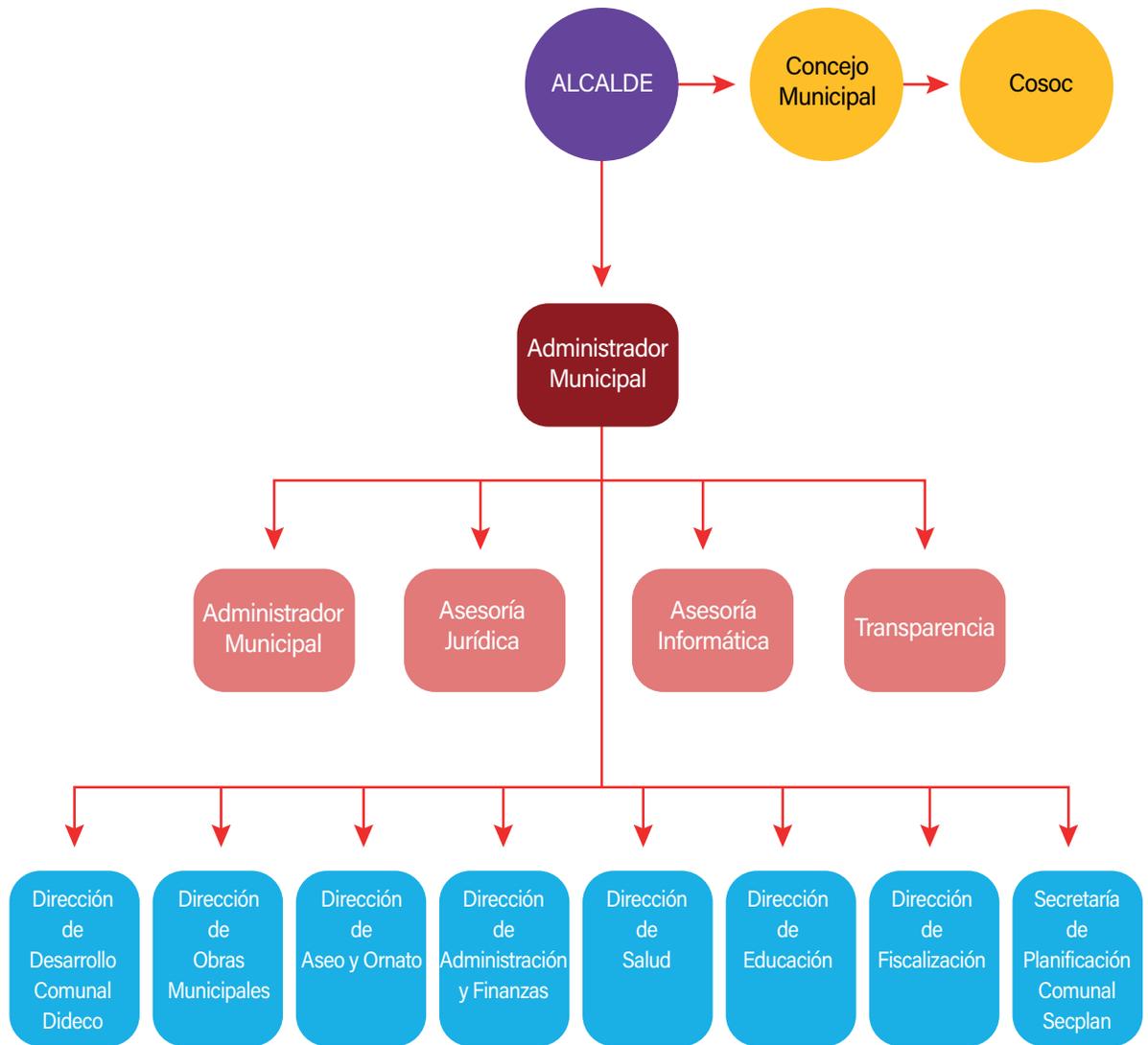


Figura 9.10. Estructura municipal. / Fuente: elaboración propia.

Así, un municipio, al plantear la implementación de un IOC, debe iniciar un proceso de evaluación de las capacidades humanas y de su orgánica administrativa para la instalación del sistema, ya que un IOC puede demandar de necesidades de capacitación del personal, pero también de reorganizaciones estructurales para hacer más efectivo el cambio de procedimientos que implica.

Sin embargo, además de considerar la integración de un IOC en la estructura administrativa del gobierno municipal o local, se debe plantear a mediano plazo la necesidad de integrar un sistema mayor, de escala regional, que permita generar interacción y coordinación entre las diversas municipalidades con el fin de conseguir una región inteligente.

A escala regional

Para definir la orgánica para una gobernanza inteligente, específicamente en el caso de Santiago, se debe considerar que esta ciudad está definida por un conjunto extenso de municipios y se debe buscar la articulación estructurada del conjunto de ellos. Una de las principales limitaciones para esto es que “la estructura de gobernanza de la ciudad a nivel regional se ve enfrentada a una fuerte fragmentación territorial y superposición institucional que genera duplicidades, falta de coordinación, incapacidad de integrar políticas en el territorio y la imposibilidad de generar proyectos urbanos comprensivos con una mirada a largo plazo.” (Santiago Humano & Resiliente, 2017).

Propuesta de modelo de operación e integración de la red

La implementación de un IOC a escala regional responde a la necesidad de contar con herramientas tecnológicas que permitan que la región evolucione hacia una región inteligente, ayudando a resolver las limitaciones de cooperación y coordinación entre las distintas entidades públicas y privadas.

Con el objetivo de mejorar la gobernanza y coordinación entre los diferentes organismos públicos y privados, apoyando así iniciativas estratégicas de la región, se propone la integración de los diferentes IOC comunales en un centro de operación inteligente regional o metropolitano, el cual será un espacio de dirección y gestión regional para permitir la coordinación con todos los actores estratégicos, la predicción de situaciones y la respuesta oportuna a las necesidades emergentes y futuras de los habitantes de la región.

Para esto será necesario establecer una mesa de coordinación regional, constituida por el CORE, junto con el gobernador y delegado presidencial. De esta mesa dependerá el directorio del IOC regional, que coordinará e integrará todos los sistemas de IOC comunales de la región. Los diferentes municipios se vincularán a esta estructura central para el desarrollo y coordinación de los IOC comunales.

El modelo de operación de este centro regional se conformará por cuatro unidades:

- Unidad de Operaciones
- Unidad de Análisis
- Unidad de Comunicaciones
- Unidad de Soporte

Este espacio tendrá dos unidades estructurales para el funcionamiento:

- La Unidad de Operaciones, que es un espacio de coordinación intersectorial que estará dotado de personal capacitado, "computadoras, aplicaciones de *software*, que reciben, procesan y analizan los datos enviados por los sensores, ofrecen paneles de monitoreo y visualización, manejan dispositivos remotamente" (BID, 2016). Esto, con el objetivo de monitorear, coordinar y proveer de mejor información sobre eventos (accidentes, emergencias) a diversas instituciones.
- La Unidad de Análisis, que utilizará la información recopilada por diferentes sensores y procedimientos, con el objetivo de transformar los datos en información relevante para contribuir e impulsar proyectos integrales que puedan relacionar los ejes de desarrollo del territorio.

Para lograr la coordinación intercomunal o regional, para la gestión de datos urbanos en un IOC integrado, es fundamental definir un plan de trabajo o road-map, que considere la implementación de sistemas integrales y en el que se desarrolle un trabajo colaborativo con un panel de expertos, que permita la adaptación del sistema, las necesidades de la ciudad y sus habitantes. La implementación de un sistema de este tipo no debe ser solamente considerado a nivel técnico, sino que también a nivel organizacional y político- territorial, con el fin de que esta herramienta tenga una correlación con la organización de gobernanza respectiva.

El enfoque de un sistema de IOC comunal e integrado debe superar la visión de la seguridad urbana como meta fundamental, y extender sus áreas de aplicación hacia la calidad de vida de forma holística. Por esto, las características y requerimientos para un IOC deben considerar primero la identificación y levantamiento de las necesidades y características del área urbana en la que se implementara, y por esto es deseable un sistema abierto y personalizable que permita el desarrollo de aplicaciones específicas para resolver la naturaleza propia del territorio a abordar. A continuación de esto, es importante el escalamiento de los datos desde barrios y comunas hacia la región, para lograr la integración con otros territorios y sistemas de información, en función de las complejidades propias de las ciudades y regiones de Chile.

Capítulo X

Modelo Metodológico para Implementación de Infraestructura Habilitante de Ciudades Inteligentes Abiertas





Guía rápida de uso

Para la etapa de diagnóstico
de un Plan Maestro

ir a página 102

Para la etapa de perfilamiento
de un Plan Maestro

ir a página 106

Para la etapa de implementación
de un Plan Maestro

ir a página 113

Para la etapa de seguimiento
de un Plan Maestro

ir a página 121

Ciudad Inteligente Abierta

Una Ciudad Inteligente Abierta, tiene como objetivo realizar una gestión eficiente de la información que genera la ciudad, por medio de la incorporación y masificación de TICs. Para esto, pone al habitante del territorio en el centro, con el fin de mejorar su calidad de vida, optimizando los procesos de gestión de recursos y potenciando el desarrollo de nuevos servicios urbanos y/o de políticas públicas. La Ciudad Inteligente Abierta tiene tres elementos distintivos: interoperabilidad, accesibilidad, equidad y compromiso.

Una ciudad inteligente que permite que la información sea útil para sus habitantes se conoce como: Ciudad Inteligente Abierta - Open Smart City. El concepto de Open Smart City busca asegurar que las ciudades del futuro sean más inteligentes, digitales, conectadas y abiertas en términos de datos, estándares y colaboración abiertos que permitan construir nuevos servicios o potenciar servicios existentes para los residentes en cualquier escala.

Infraestructura Habilitante Multipropósito Abierta

Es una Red Inalámbrica de Sensorización y Actuación (WSAN) multipropósito, conformada por una Red de Alumbrado Público Inteligente (RAPI), basada en IoT y en el uso de estándares abiertos. Busca asegurar la interoperabilidad y la conectividad de diversos tipos de aplicaciones y sistemas de Ciudad Inteligente Abierta, más allá de la tradicional telegestión de alumbrado público.

¿Cómo usar esta guía metodológica?

Esta guía metodológica está dirigida a municipios que estén llevando a cabo un proceso de transformación hacia una comuna inteligente. Contiene un modelo de Plan Maestro para el desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudad Inteligente Abierta que permita la instalación de sistemas de sensorización, recolección, comunicación, análisis y gestión de datos e información urbana que potencien la gobernanza y el empoderamiento de los habitantes del territorio comunal. Estos sistemas se conocen como sistemas inteligentes.

Esta guía de referencia puede ser usada tanto para proyectos en inicio como para proyectos en ejecución. Por esta razón, se divide en las etapas de Diagnóstico, Perfilamiento, Implementación y Seguimiento.

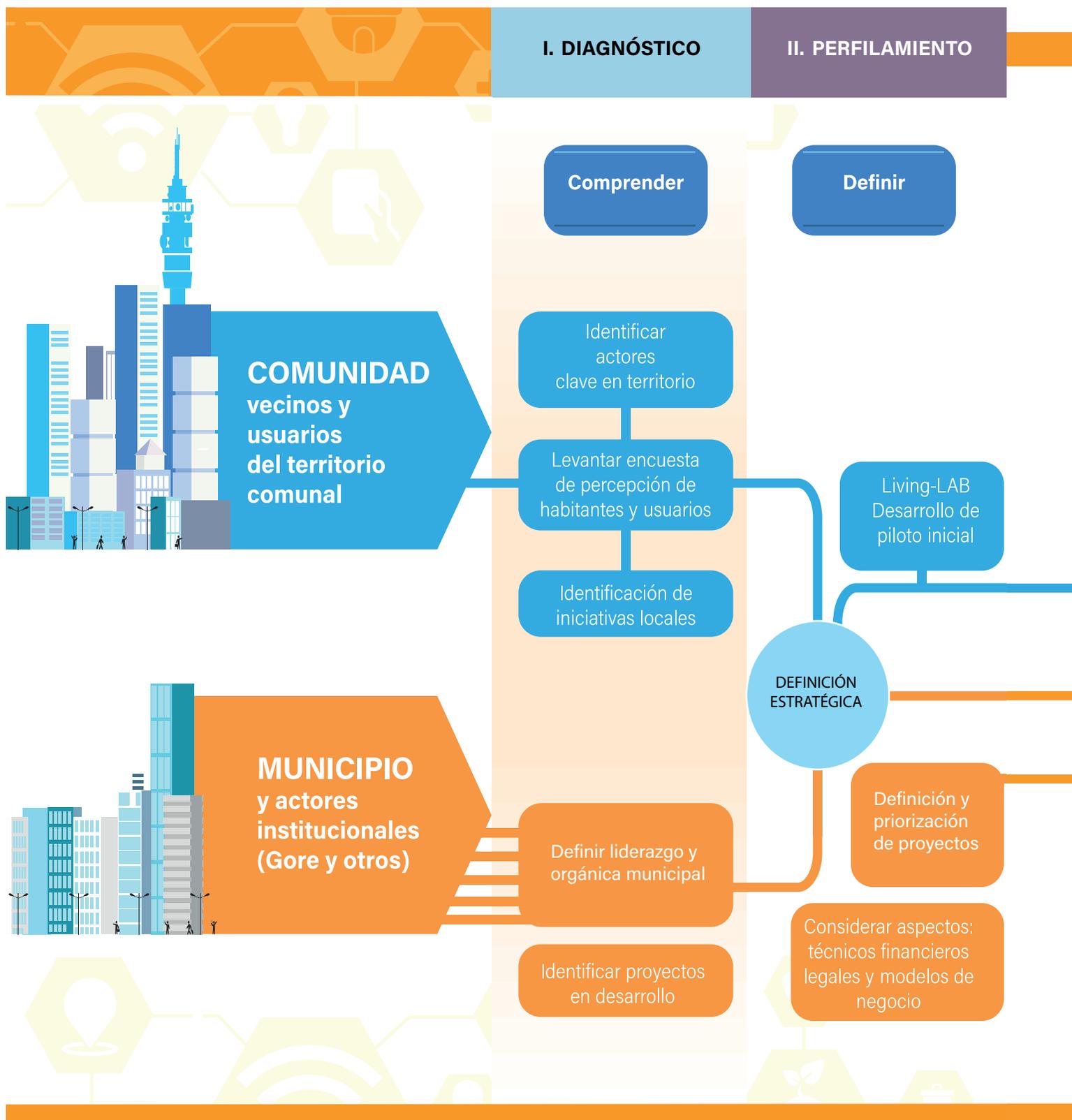
Definiciones previas

Para el desarrollo de los proyectos que se deseen llevar a cabo por parte de un municipio utilizando como referencia la presente guía, es necesario tener un acervo conceptual de qué es una Ciudad Inteligente Abierta, sus características, estándares tecnológicos abiertos, interoperabilidad, infraestructura tecnológica habilitante, la creación de valor en las ciudades, participación ciudadana, tipos de soluciones y sistemas inteligentes que conforman una Ciudad o Comuna Inteligente Abierta, para así comprender el ecosistema que se genera al implementar proyectos bajo este paradigma (para mayor comprensión se recomienda revisar los capítulos que anteceden).



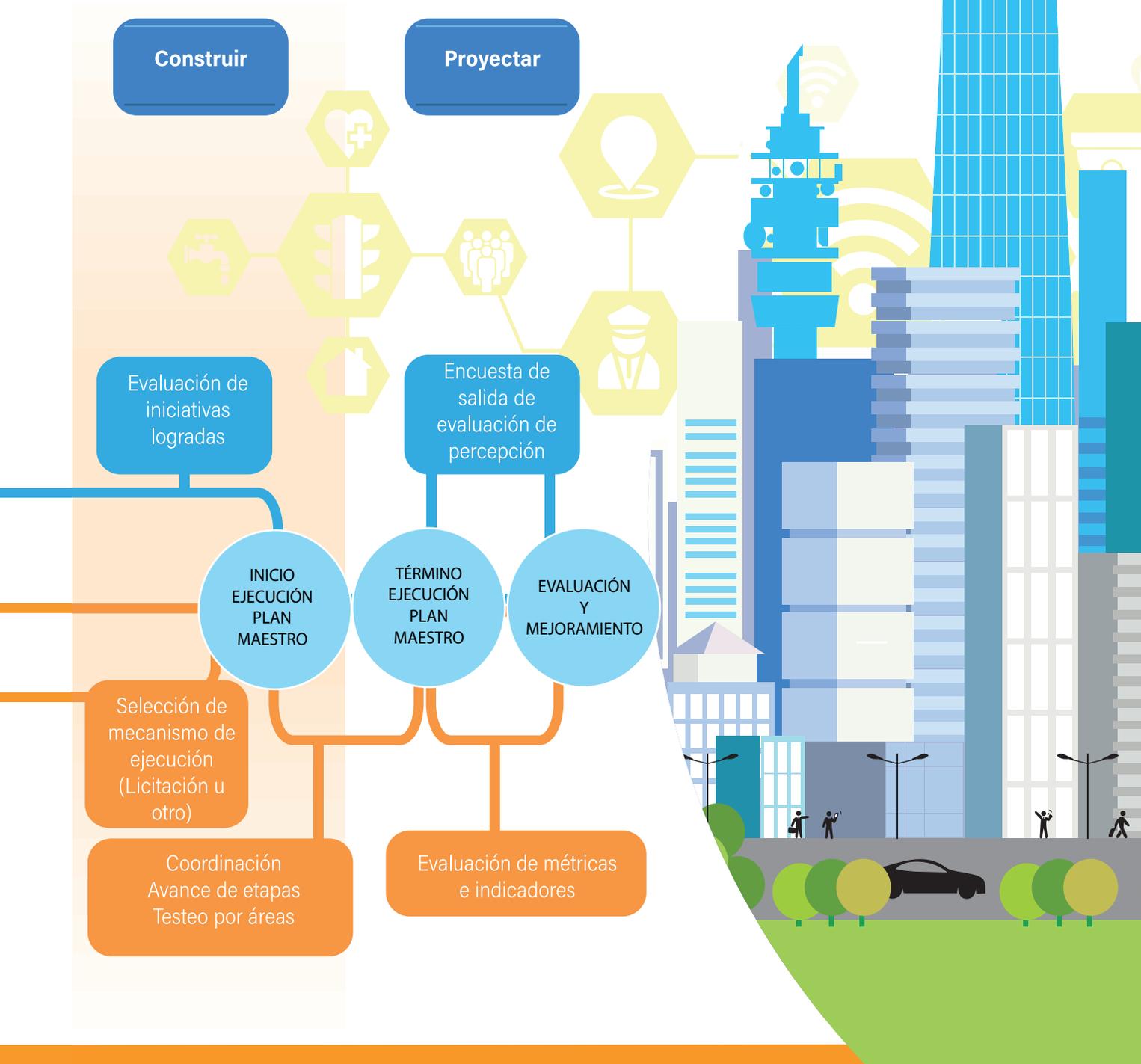
I. DIAGNÓSTICO

II. PERFILAMIENTO



● Este diagrama presenta la estructura general del procedimiento metodológico para el desarrollo de un Plan Maestro de Infraestructura Habilitante para Ciudades Inteligentes Abiertas.

● En la línea superior, en color azul, se presentan las acciones correspondientes a la comunidad, referidas al levantamiento de opinión, percepción e iniciativas de los habitantes del territorio, y en la línea inferior, en naranja, las acciones correspondientes al municipio y a otros actores institucionales.



¿Cómo usar esta guía metodológica?

- I. DIAGNÓSTICO** con el objetivo de: comprender
- II. PERFILAMIENTO** con el objetivo de: definir
- III. IMPLEMENTACIÓN** con el objetivo de: construir
- IV. SEGUIMIENTO** con el objetivo de: proyectar

Cada una de estas etapas tiene diversas acciones asociadas, que se describen en los siguientes puntos. Cada una de las 25 acciones presentadas está respaldada en los capítulos anteriores (I al IX) y en los informes de base para esta metodología (en Anexo N° 1 disponible también en <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>).

I. DIAGNÓSTICO

¿Quién liderará el Plan Maestro para el desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudades Inteligentes Abiertas?

Para iniciar un proyecto de este tipo se requiere partir por la definición de un liderazgo que motive, promueva y logre generar el mayor interés posible por parte de la comunidad en el desarrollo de la iniciativa.

1.- Definir el liderazgo.

Al iniciar un Plan Maestro de Infraestructura Habilitante se debe definir un líder que sea capaz de generar el compromiso del municipio con la iniciativa. Si bien este líder puede corresponder al director del departamento directamente involucrado en el proyecto, se recomienda que este rol sea asumido por la alcaldesa o alcalde correspondiente.

En la etapa de definiciones previas, al líder le corresponderá consolidar el interés por el desarrollo de la Comuna Inteligente Abierta, tanto en el interior del municipio como en los diversos actores y grupos de interés de la institucionalidad urbana, con el fin de establecer las primeras alianzas y acuerdos de colaboración, técnicos y políticos.

¿Qué direcciones, departamentos o unidades municipales se involucrarán en el proyecto?

2.- Definición de departamento (s) municipal (es) encargado (s) de llevar el proyecto y de conformar un equipo técnico.

En general, los proyectos vinculados a la innovación tecnológica son relacionados prioritariamente como iniciativas que deben ser desarrolladas por departamentos técnicos, y como se ha visto en los casos analizados (informe N° 2 en Anexo 1 disponible también en <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>), regularmente están vinculadas a la Secpla, Infraestructura, Informática o Seguridad Pública. Sin embargo, debido a los alcances de la implementación de un Plan Maestro, es deseable que se defina una dirección o departamento que permita una visión integral sobre las áreas de aplicación de las Infraestructuras Habilitantes.

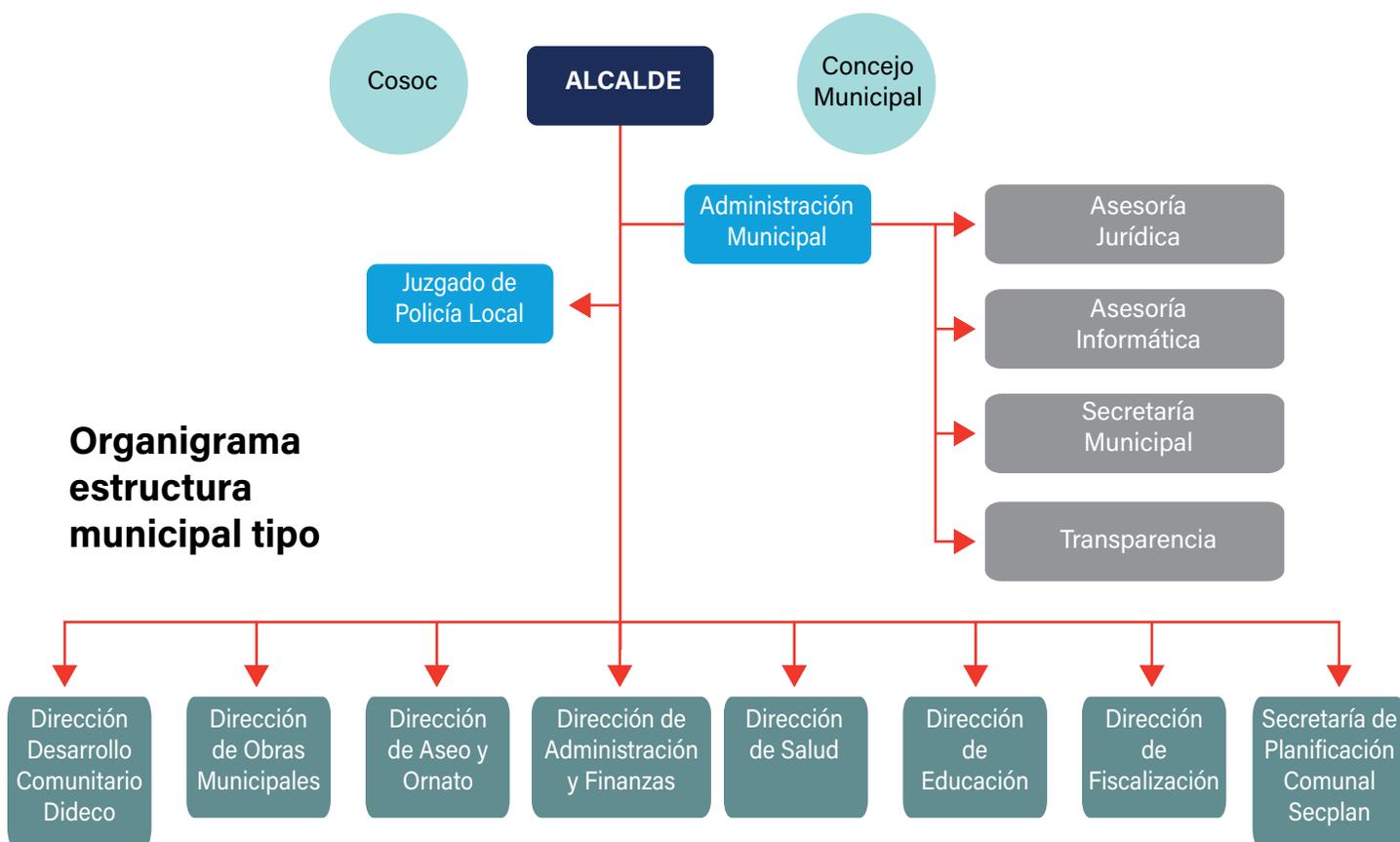


Figura 10.1 Estructura organizacional de un municipio estándar / Fuente: elaboración propia.

Junto con esto, es posible considerar, en el caso de que sea posible por la ley de Modificación de Plantas (N° 20.922), la creación de una dirección específica destinada a la gestión e implementación del Plan Maestro (como se plantea en el capítulo X). Esto sugiere la posibilidad de crear una unidad con rango de dirección, que se podría denominar "Unidad de Comuna Inteligente- UnCI" y que dependa, por ejemplo, de la Secpla.

Las funciones principales de esta unidad serían:

- Implementación, desarrollo de infraestructuras habilitantes, despliegue y operación de las redes de sensorización de la Ciudad Inteligente Abierta.
- Definición e implementación de soluciones de Ciudad Inteligente Abierta en la comuna para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y usuarios.
- Coordinación y priorización de las soluciones a implementar al interior de cada comuna con los distintos interesados: el mismo municipio (alcaldía y direcciones municipales), los Consejos de la Sociedad Civil (Cosoc), Juntas de Vecinos y otros actores presentes en la comuna.

En consecuencia, es fundamental determinar tempranamente las unidades o direcciones municipales que se involucrarán en la ejecución del Plan Maestro. La revisión de la estructura orgánica municipal debe llevar a una primera decisión: asignar unidades/departamentos existentes o crear una unidad nueva.

Se recomienda que, en cualquiera de las dos alternativas, las unidades a cargo del proyecto consideren sus capacidades y alcances técnicos y también la integración de un sistema de Ciudad Inteligente Abierta de manera transversal, en una gran parte de los procesos de las diversas unidades del municipio.

¿El municipio cuenta con las capacidades instaladas para el desarrollo del proyecto?

3.- Examinar la capacidad del municipio para este tipo de proyectos (RRHH, infraestructura, financiamiento, etc.).

Probablemente el aspecto de mayor relevancia para tener éxito en las iniciativas de implementación de soluciones de Ciudades Inteligentes Abiertas es conocer si las personas encargadas de gestionarlas cuentan con las habilidades necesarias. Para ello, la preparación de los funcionarios municipales es fundamental.

Por eso, es recomendable realizar las siguientes actividades previas:

- Determinar el nivel de competencias digitales del personal involucrado. Para ello se puede elaborar un instrumento propio y ajustado a las realidades municipales o bien usar instrumentos validados mundialmente, tales como el Marco Europeo de Competencias Digitales para los Ciudadanos (Digcomp).
- Establecer un sistema de detección de necesidades de capacitación (DNC) respecto a las habilidades técnicas, para identificar brechas entre el estado actual y el deseado.
- Reforzar las competencias blandas en cuanto a colaboración entre equipos de trabajo, pensamiento integrado y uso ético de los datos, pues la información manejada en el contexto de una Ciudad Inteligente Abierta es interdisciplinaria, integrada y sensible.
- Incorporar, de manera explícita en las instancias de capacitación de los departamentos de Recursos Humanos y de los comités bipartitos de capacitación, las temáticas de digitalización y adquisición de competencias digitales. Esto, porque es posible que estas habilidades no estén (necesariamente) presentes, debido a la diversidad etaria en los funcionarios (as) municipales. Asimismo, deben incorporarse estas necesidades en los otros procesos de recursos humanos, especialmente en los relacionados con la selección del nuevo personal que ingresará a las dotaciones municipales.

¿Qué es Digcomp?

Es un instrumento de medición de competencias digitales diseñado por la Comunidad Europea en el contexto de un marco común para establecer los niveles de digitalización de sus ciudadanos.
<https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp>

Además, es necesario hacer un levantamiento de las condiciones de infraestructura física del municipio (centro de datos, sistemas computacionales, redes de comunicaciones, acceso a Internet y otras), y de los recursos disponibles para complementar cualquier necesidad de mejorar las instalaciones durante la formulación y el desarrollo del Plan Maestro.

¿Qué iniciativas está desarrollando el municipio en el territorio comunal?

Es recomendable identificar las diversas iniciativas que puedan tener relación con proyectos de implementación de soluciones de Ciudad Inteligente Abierta, y que estén en desarrollo por parte de las diferentes unidades y direcciones municipales.

4.-Evaluación de temas de planificación y gestión territorial en desarrollo por parte del municipio.

Las direcciones o departamentos municipales a cargo del desarrollo de los proyectos comunales, como la Secpla, Infraestructura, Seguridad Pública o Asesoría Urbana, deben generar una visión integral y compartida sobre las diversas iniciativas que puedan relacionarse con el Plan Maestro de Desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudad Inteligente Abierta.

- Junto con esto, otros departamentos y/o direcciones que tienen una relación directa con la vida diaria y las necesidades de los habitantes del territorio comunal, como la Dirección de Desarrollo Comunitario (Dideco), deben realizar un levantamiento de las iniciativas en desarrollo que sean de interés comunal. Para esto se recomienda:
- Organizar reuniones entre departamentos/direcciones con el fin de informar los alcances del Plan Maestro de Desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudad Inteligente Abierta.
- Generar grupos de trabajo sobre temas transversales.
- Definir objetivos comunes, que relacionen los proyectos en curso con el Plan Maestro. Para esto, la persona que lidere el Plan debe asumir un rol de motivador y promotor del proyecto, buscando comprometer a la mayor cantidad de departamentos o unidades municipales en la iniciativa. Involucrar desde el inicio a las direcciones municipales es un factor clave para integrar el sistema de Comuna Inteligente Abierta en los procesos municipales regulares.
- Construir un catastro de proyectos relevantes en cuanto a su relación con los conceptos de Ciudad o Comuna Inteligente Abierta.

¿Quiénes son los actores relevantes del territorio?

5.-Identificación de mapa de actores clave para el desarrollo de focus group.

La identificación de los actores relevantes en el territorio comunal tiene el objetivo de generar compromiso e involucramiento de la comunidad organizada en el proyecto del Plan Maestro. Generalmente, un municipio está bien comunicado con los habitantes (o contribuyentes) del área comunal, pero una iniciativa de este tipo requiere de una profundización de este conocimiento tanto hacia los grupos de usuarios y población flotante de la comuna como a los que usan el territorio comunal como lugar de tránsito, trabajo y/o estudio.

- De acuerdo con la experiencia y conocimientos obtenidos en el pilotaje expuesto en el informe N° 3 y N° 4 (en Anexo 1 disponible también en <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>), se sugiere seguir los siguientes pasos:
- Hacer una visita de campo en el barrio o sector a analizar. Esta visita permitirá conocer de primera fuente cuáles son los habitantes, usuarios y actividades comunes del espacio.

Mapeo de Actores Claves es una herramienta de diagnóstico y de gestión de proyectos que se utiliza para representar la realidad social en la que estamos inmersos. Identifica a los actores de un territorio (personas y grupos de interés) para conocer sus acciones y los objetivos del por qué están en el territorio y sus perspectivas en un futuro inmediato.

El **Focus Group** o grupo focal es una técnica cualitativa de investigación social que reúne participantes en una entrevista grupal, en la cual se exponen opiniones sobre productos o servicios. Se basa en presentarles una o varias alternativas para que las valoren, permitiendo así conocer su posible éxito.

II. PERFILAMIENTO

¿Qué significa Ciudad o Comuna Inteligente Abierta para su caso en específico?

Las diversas comunas tienen diferentes complejidades y características propias. El paradigma de Ciudad Inteligente Abierta deberá considerar las particularidades del territorio a intervenir para plantear un desarrollo de acuerdo con las condiciones locales.

7.- Definir la estrategia de Comuna Inteligente Abierta: ¿qué objetivos se quiere alcanzar, definiendo el modelo de territorio comunal inteligente que se desea al incorporar este nuevo paradigma?

Con la información de los puntos anteriores el municipio debe definir cuál es el modelo de comuna al que aspira convertirse, en función de las necesidades demandadas por los vecinos, las posibilidades del municipio, las infraestructuras existentes, etc.

Para ello es necesario que el municipio tenga definida su visión, misión y objetivos.

La misión debe encajar, por ejemplo, con mejoras en la seguridad, en la sostenibilidad ambiental y económica.

La visión debe incorporar la gestión y las innovaciones tecnológicas que se quieren introducir.

Finalmente, los objetivos deben ser factibles y deben llevar asociados indicadores de gestión y de desempeño que permitan su seguimiento y análisis. Los objetivos se lograrán a través de los proyectos que se desarrollen en el municipio. Se recomienda que los objetivos y proyectos estén asociados al Plan de Desarrollo Estratégico del municipio. En la figura 10.2 se presenta un ejemplo de estructura conceptual de la definición estratégica.

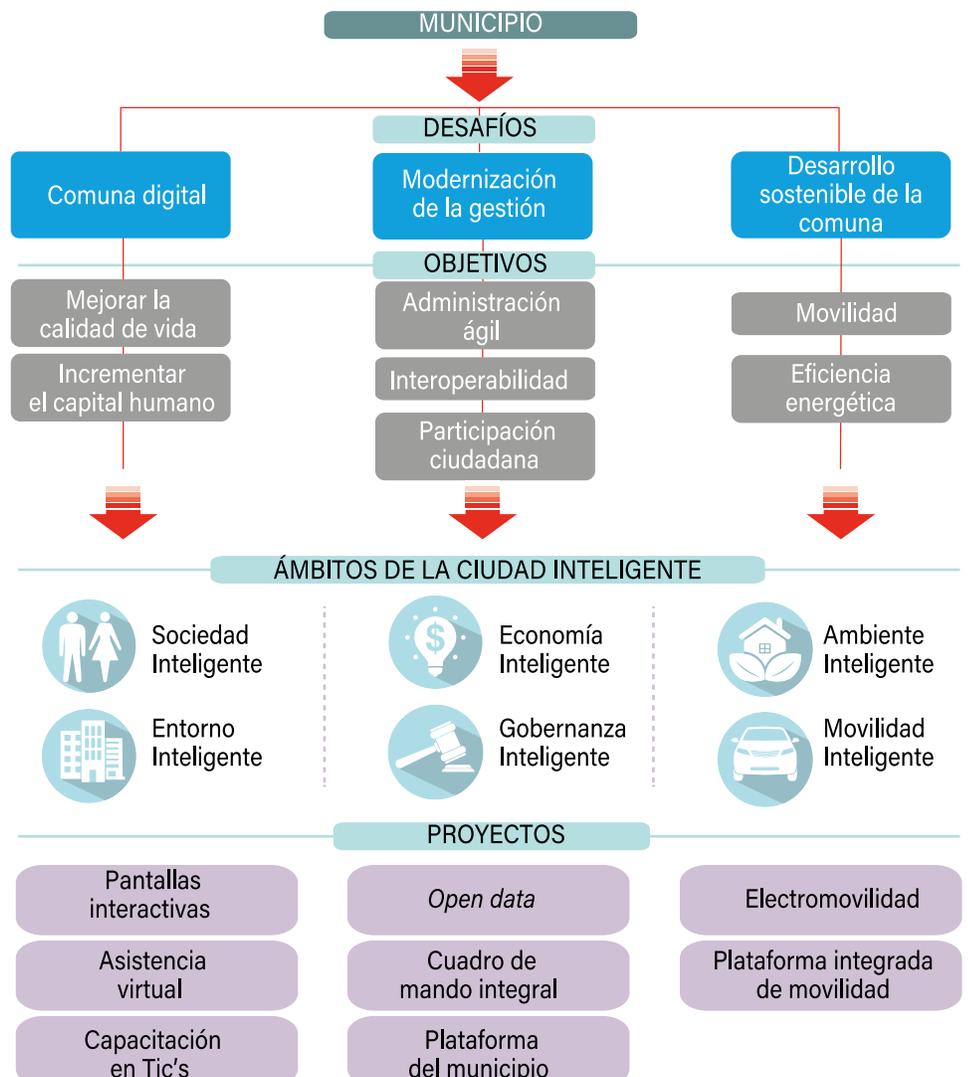


Figura 10.2 Estructura conceptual de la definición estratégica.

¿Qué proyectos serán priorizados para su ejecución?

Una vez establecida la estrategia de Comuna Inteligente Abierta que se abordará con el Plan Maestro, es posible definir los proyectos que representen la visión de desarrollo estratégico planteado. Entonces, se deben dimensionar los recursos que la concreción de estos demandará.

8.- Identificar proyectos y determinar los recursos asociados (recursos humanos, recursos financieros, infraestructura y administrativos).

Las iniciativas propuestas en los diferentes proyectos deben ser priorizadas según la compatibilidad en el orden de la implantación, eficiencia y resultados que se desean, respecto a temas como la seguridad, educación, movilidad, etc. Deloitte (2018, b) propone la siguiente matriz que ayudará a priorizar los proyectos, que se muestra en la figura 10.3. Los impactos se refieren, por ejemplo, al beneficio económico potencial para la municipalidad, repercusión social, eficiencia de los servicios ofrecidos, entre otros. Y la complejidad se entenderá por la dificultad en la ejecución o técnicas u otro factor que podría poner el riesgo del proyecto.

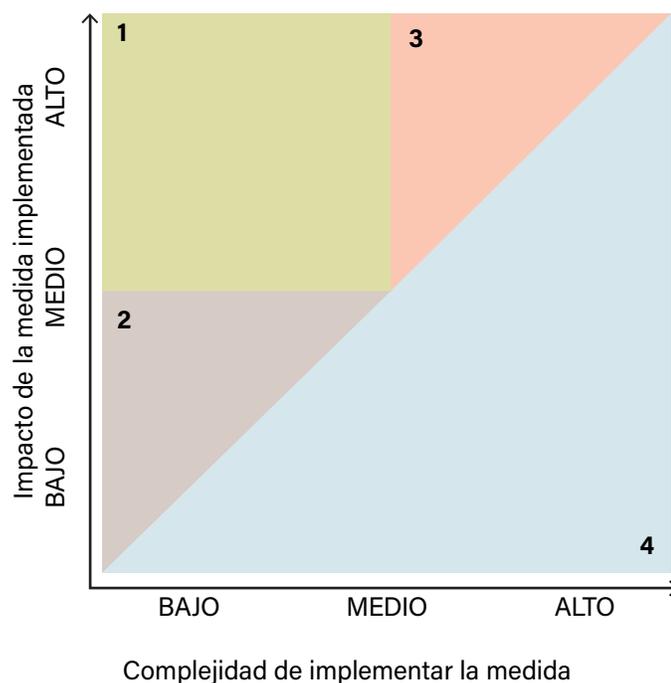


Figura 10.3. Matriz de priorización de proyectos.

- Proyectos para realizar, priorizados por su facilidad y gran impacto sobre el municipio.
- Proyectos que, en función de los recursos disponibles, son fáciles, pero con bajo impacto.
- Proyectos que se deben evaluar para comparar el impacto frente a la complejidad de realizarlos.
- Proyectos a realizar al final cuando el resto de los proyectos estén implementados.

Otra forma que se sugiere para priorizar son los métodos multicriterio como, por ejemplo, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 2008).

¿Qué recursos se requieren para la ejecución de los proyectos identificados?

Una vez definidas las prioridades de los proyectos y los objetivos que se desean alcanzar, el municipio deberá identificar los recursos necesarios que permitan su cumplimiento. Para ello se sugiere utilizar la figura 10.4, es decir, asociar los tipos de recursos a cada proyecto que desea realizar, considerando en cada cuadro la base de recurso disponible, cómo se gestiona y comprobar que el recurso es suficiente (si es insuficiente, hay que indicar qué estrategia se debe seguir para lograrlo). Si la evaluación de las indicaciones anteriores es positiva, los recursos no serán impedimento para el desarrollo del proyecto.

Recursos	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto n
Fiscos			
Humanos			
Financieros			
Know how			
Relaciones y contactos			

Figura 10.4. Matriz de recursos disponibles. Fuente: elaboración propia.

¿Es posible comenzar laboratorios de testeo en las etapas iniciales?

9.- Definir el desarrollo de Un *Living-Lab*, como testeo piloto de la estrategia. Un *Living-Lab* es un banco de pruebas reales y/o un entorno de experimentación donde los usuarios y los productores pueden cocrear innovaciones. En su sentido original depende de tres condiciones fundamentales:

- Tiene que ver con la estrategia (competitiva o solidaria) de la innovación abierta.
- Con la aproximación metodológica de la innovación (o el diseño) centrado en los usuarios, los ciudadanos o las personas.
- Con la creación de un espacio de pensamiento y acción transversal que reúne a los distintos agentes que participan en un ecosistema socioeconómico y tecnocultural.

El objetivo principal de un *living-lab* es validar las soluciones a escala reducida en un espacio público, la creación de nuevos servicios o productos y las infraestructuras adecuadas a las necesidades reales de la sociedad. En estos procesos intervienen colectivos públicos y privados. Los escenarios que se ofrecen son los espacios donde se desarrollan e implementan prototipos tecnológicos para la mejora del bienestar ciudadano y que tendrán una efectividad real y probada en un ambiente urbano. Se caracterizan por ser alianzas Público-Privado-Personas (PPP) para la innovación abierta impulsada por los usuarios.

Los *living-labs* se basan en cuatro actividades principales:

- Cocreación: codiseño de los usuarios y de los productores.
- Exploración: el descubrimiento de los usos emergentes, los comportamientos y las oportunidades del mercado.
- Experimentación: la implementación de escenarios “en vivo” dentro de las comunidades de usuarios.
- Evaluación: evaluación de conceptos, productos y servicios de acuerdo con criterios socioergonómicos, sociocognitivos y socioeconómicos.



El desarrollo de un *living-lab* como parte de la ejecución del Plan Maestro puede ser útil en esta etapa para permitir una evaluación de las alternativas diagnosticadas y generar evaluaciones tempranas de los potenciales de asociación público-privada, validar tecnologías a implementar y la instalación de los conceptos de Ciudad Inteligente Abierta en la comunidad del territorio a intervenir.

Figura 10.5. Esquema del *living lab*. Fuente: elaboración propia.

Un *living-lab* es un banco de pruebas reales y un entorno de experimentación donde los usuarios y los productores pueden cocrear y coinnovar en un ecosistema abierto y de confianza.

Básicamente, significa llevar la innovación al mundo real, fuera del laboratorio e involucrar a todos los actores que conforman la cuádruple hélice: administración, empresas, infraestructuras de investigación/ universidades y ciudadanía, para así probar nuevas ideas, productos y servicios centrados en satisfacer necesidades del usuario final del territorio que busca ser inteligente.

El concepto lo planteó inicialmente el profesor de Arquitectura, W. Mitchel, del MediaLab, en el MIT, como una metodología de investigación para probar, validar, realizar prototipos y refinar soluciones complejas en entornos reales y en constante evolución.

10.- Identificación de soluciones tecnológicas.

Un aspecto importante es identificar las distintas alternativas y tipos de soluciones tecnológicas de Ciudades Inteligentes Abiertas, con el propósito de responder a los problemas identificados.

La industria de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) está avanzando a un ritmo acelerado y, en general, son pocos los profesionales que se desempeñan en un municipio que conocen todas las oportunidades y alternativas que ofrecen las TICs, que les permitan identificar correctamente las opciones para garantizar que las primeras inversiones serán la base adecuada para mejoramientos sucesivos de las soluciones implementadas.

El conocimiento de la infraestructura tecnológica de la ciudad (conectividad, equipos, sensores, actuadores, personas) y de las posibilidades de actualizarla con tecnologías más recientes, robustas, seguras y más eficientes es también un factor importante en el desarrollo de términos de referencia para licitaciones públicas.

Uno de los aspectos importantes a considerar para construir una Infraestructura Habilitante basada en una Red IoT urbana inteligente es realizar una serie de levantamientos de las tecnologías existentes, sus aplicaciones, arquitecturas y estándares abiertos, de modo de generar información base para cuando la municipalidad requiera hacer inversiones en este ámbito.

Es muy importante que los municipios elijan en forma correcta aquella tecnología que logre evolucionar a la velocidad de la ciudad, y que no se vuelva rápidamente obsoleta. Por esto, la tecnología debe ser modular, expandible, basada en estándares abiertos de amplia adopción, que pueda ser combinada con otras plataformas y conectada con la población por medio de aplicaciones de fácil uso. De allí, la relevancia de que las ciudades y los municipios cuenten con una infraestructura de conectividad o Red IoT que habilite el desarrollo de soluciones inteligentes en forma incremental.

Una Red de Alumbrado Público Inteligente (RAPI) es una infraestructura ubicua presente en cada comuna del país, independiente de su tamaño. Además, brinda ahorros en el consumo de energía eléctrica y en el mantenimiento de las luminarias públicas, gracias a la conexión en red de todo el parque de luminarias, permitiendo su control y monitoreo en todo momento.

RAPI

Es la Red de Alumbrado Público Inteligente y constituye la columna vertebral para habilitar la arquitectura de una Ciudad Inteligente Abierta.

WSAN

Es la Wireless Sensor and Actuator Network o Red Inalámbrica de Sensorización y Actuación, que se implementa en forma distribuida sobre una RAPI.

IPv6

El IPv6 o protocolo de Internet versión 6 fue concebido para brindar conectividad IP a sextillones de dispositivos, permitiendo así la masificación de la IoT. La versión anterior, el IPv4, que se usó por más de 30 años para el desarrollo de Internet, agotó en 2018 su capacidad de direccionamiento, equivalente a 4.000 millones de direcciones IP. Esta cifra es similar a la mitad de la población mundial actual, por lo que era claramente insuficiente, si pensamos que cada persona puede utilizar, hoy en día y en el futuro mediato, más de un dispositivo IP.

- La RAPI que se seleccione debe constituir una Infraestructura Habilitante de telecomunicaciones IoT, también denominada Red Inalámbrica de Sensorización y Actuación (en inglés Wireless Sensor Actuator Network - WSAN). Este tipo de Red IoT se compone de las siguientes unidades:
- La Red Inalámbrica de Sensorización y Actuación (WSAN), que debe estar basada en estándares abiertos Internet IPv6 y 6LoWPAN, que sea escalable, interoperable. Se sugiere aplicar los requisitos establecidos en el capítulo III de Alumbrado Público Inteligente Conectado.
- El Sistema Central de Gestión (CMS), que debe incluir aplicaciones de *software* para realizar la gestión de la Red WSAN y la telegestión de la RAPI como mínimo, donde se recomienda cumplir con los requisitos indicados en el capítulo III y considerar el desarrollo de un Sistema Inteligente de Control (IOC) con las características presentadas en el capítulo IX del centro urbano de gestión inteligente.
- Los dispositivos *access points* o *gateways*, que deben operar en las bandas de frecuencia establecidas por la Norma Técnica de Equipos de Alcance Reducido fijada por la Subtel, donde es recomendable tener presente los requisitos señalados en el capítulo III.
- Los controladores inalámbricos de las luminarias y enrutadores de la red WSAN deberán contar con un protocolo de capa de adaptación de red IETF 6LoWPAN y se sugiere tener en consideración los requisitos presentados en el capítulo III.

Para la implementación de una RAPI, se deben tener presente los siguientes puntos:

- Analizar el estado del arte de las Tecnologías IoT aplicadas a las Ciudades Inteligentes Abiertas.
- Analizar las distintas tecnologías inalámbricas aplicadas a redes de sensores basadas en protocolos Internet según la realidad nacional.
- Analizar las distintas alternativas IoT, aplicadas a Ciudades Inteligentes Abiertas.
- Analizar la infraestructura y tecnologías actuales de los distintos sistemas de telegestión, *access point* o *gateways* y los controladores inalámbricos de luminarias y enrutadores de red WSN.
- Proponer los lineamientos generales que cumplan con los requerimientos para implementar una Infraestructura de Red IoT urbana inteligente.

En la actualidad, la IoT ofrece diversas aplicaciones en una Ciudad Inteligente Abierta, por lo que exige numerosos requisitos. Por ejemplo, se espera que las soluciones basadas en IoT sean de bajo costo, bajo consumo de energía, alta calidad de servicio (QoS: *Quality of Service*), mayor cobertura, mayor flexibilidad, alta seguridad y privacidad, formando implementaciones ultradensas que permiten la interoperabilidad de múltiples proveedores.

En el mundo IoT se pueden encontrar diferentes protocolos y estándares. Las diversas aplicaciones de una Ciudad Inteligente Abierta no solo exigen la implementación a gran escala de numerosos tipos de dispositivos IoT, sino que también requieren la interoperabilidad del dispositivo.

Por último, los órganos de gobiernos más prominentes, como el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF: *Internet Engineering Task Force*), el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP: *3rd Generation Partnership Project*), el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI: *European Telecommunications Standards Institute*), oneM2M (*Machine to Machine*), IEEE (*Institute Electrical and Electronics Engineers*) y Open Mobile Alliance (OMA) participan activamente en el desarrollo de estándares para soportar aplicaciones de Ciudades Inteligentes Abiertas a gran escala. También existen alianzas mundiales en torno al desarrollo y estandarización de las WSANs, como las alianzas UCIFI y WI-SUN.

¿Cómo se financia un Plan Maestro de Infraestructura Habilitante para Ciudades Inteligentes Abiertas?

11.- Modelo de financiamiento.

Identificar y obtener las fuentes de financiamiento para la implementación y sustentabilidad de los proyectos. Si bien los proyectos de Ciudades inteligentes Abiertas pueden ser creados a partir de fondos públicos, es importante considerar e identificar posibles alianzas con instituciones públicas y privadas (ver capítulo VIII). Estas asociaciones son muy importantes tanto desde el punto de vista técnico (universidades, empresas tecnológicas, asociaciones, etc.) como para apoyar el apalancamiento de recursos para su adecuada implantación.

Una vez identificadas las fuentes de financiamiento (se recomienda ver capítulo VII), se sugiere iniciar los procesos de obtención de fondos con anticipación de a lo menos 8 a 12 meses, ya que los financiamientos para proyectos que se obtengan vía gobierno regional o central son priorizados para su implementación con un año de antelación. En el caso de los proyectos de inversión, estos deberán competir con otros proyectos del municipio que se formulan en los Pladeco. Sin embargo, hay otras iniciativas de Ciudades Inteligentes Abiertas que no necesariamente compiten con otros proyectos y es cuando el proyecto tiene un subsidio directo, genera ingresos o un ahorro producto de su implementación u otras fuentes de financiamiento dirigidas.

El **Plan de Desarrollo Comunal** (Pladeco) es un instrumento indicativo que cada municipio debe tener, según lo dispone la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, y que debe orientar el desarrollo de la comuna. Tiene una duración mínima de cuatro años y debe ser aprobado por el Consejo Municipal.



Figura 10.6. Apalancamiento de recursos /Fuente: elaboración propia.

¿Cuáles son las regulaciones legales que afectan a un Plan Maestro de desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudad Inteligente Abierta?

12.- Aspectos legales.

La normativa vinculada más directamente al desarrollo de las Ciudades Inteligentes en Chile comprende la Constitución Política de la República de Chile; la Ley N° 18.575 (05/12/1986), Ley Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; la Ley N° 19.175 (8/11/2005), Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional; la Ley N° 20.990 (05/06/2017), que Dispone la Elección Popular del Órgano Ejecutivo del Gobierno Regional; la Ley N° 18.695 (26/07/2006), Orgánica Constitucional de Municipalidades; el Decreto Ley N° 1.263 (21/11/1975), Ley Orgánica de Administración Financiera del Estado; la Ley N° 19.300 (09/03/1994), sobre Bases Generales del Medio Ambiente; la Ley N° 20.500 (16/02/2011), Sobre Asociaciones y Participación Ciudadana en la Gestión Pública; el Decreto Ley N° 573 (12/07/1974), Estatuto del Gobierno y Administración Interiores del Estado; el Decreto con Fuerza de Ley N° 458 (13/04/1976), General de Urbanismo y Construcciones; el Decreto N° 47 (05/06/1992), del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Fija Nuevo Texto de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones; la Ley N°19.628 (28/8/1999), sobre Protección de la vida privada; la Ley N° 18.168 (2/10/1982), General de Telecomunicaciones que regula el uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico; el Decreto Supremo Min. Interior N°946/1993 que establece procedimientos y criterios de selección de proyectos y programas a financiar con el Programa de Mejoramiento Urbano y Equipamiento Comunal; el Decreto Supremo Min. Interior N°829/1998 que Reglamenta el Programa de Mejoramiento de Barrios; y la Ley N° 19.886 (30/7/2003) de Bases sobre Contratos Administrativos de Suministro y Prestación de Servicios.

Un mecanismo adicional que puede ser muy útil al momento de coordinar la inversión pública que puede fomentar el desarrollo de Ciudades Inteligentes Abiertas son los convenios de programación, regulados en el Artículo 115 de la Constitución Política de la República. Los convenios de programación son acuerdos formales entre uno o más gobiernos regionales y uno o más ministerios, que definen las acciones relacionadas con los proyectos de inversión que ellos acuerdan realizar dentro de un plazo determinado. Estos convenios deberán especificar el o los proyectos sobre los cuales se apliquen las responsabilidades y obligaciones de las partes, las metas por cumplir, los procedimientos de evaluación y las normas de revocabilidad. Un convenio de programación puede comprender presupuesto público plurianual, lo que otorga certeza presupuestaria y ayuda a la continuidad de las políticas públicas, como puede ser aquella destinada a la implementación de Ciudades Inteligentes.

III. IMPLEMENTACIÓN

Cómo se determina la vía de ejecución del proyecto?

Alianzas público-privadas

Son colaboraciones voluntarias a través de las cuales individuos, grupos u organizaciones se ponen de acuerdo para trabajar conjuntamente después de cumplir una obligación o llevar a cabo una iniciativa específica, compartiendo los riesgos, así como los beneficios, y revisando la relación regularmente siempre que sea necesario.

14.- Alternativas para los mecanismos de ejecución (licitación u otro).

Los diferentes mecanismos para la ejecución del Plan Maestro consideran la posibilidad de establecer una gestión dentro del sector público (Subdere u otro) o generar una alianza con sectores privados. Una alianza público-privada permite resolver la necesidad de servicio de Infraestructura Habilitante dentro de un marco regulatorio claro, de forma eficiente y sostenible. Las alternativas (descritas en capítulo VIII) son:

- Concesión a un privado, de funciones públicas
- Concesión de infraestructura
- Concesión de activos municipales
- Permiso precario
- Contraprestaciones (DTO N° 132 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

Tipos de modelos contractuales en una asociación público-privada para inversión en una Ciudad Inteligente Abierta

Build Operate Transfer (BOT): implica un acuerdo entre las contrapartes privadas y públicas comprometidas a cubrir el diseño, fases constructivas y operativas del proyecto de inversión. Los ingresos por la compañía operadora generalmente se obtienen en forma de una tarifa cobrada a la comunidad/gobierno.

Design, Build, Operate and Transfer (DBFO): un solo contratista con capacidades de financiamiento, diseña, construye y opera el proyecto para un cierto período.

Build Own Operate (BOO): involucra a un socio del sector privado tomando bajo su responsabilidad todas las fases de un proyecto desde la construcción y el financiamiento hasta las operaciones. La principal diferencia con otros modelos, especialmente DBFO, está relacionada con el hecho de que una empresa podría construir, operar, pero también poseer un proyecto para todo su ciclo de vida físico.

Energy Service Companies (ESCO): proporciona financiación directa al invertir y utilizar su experiencia y conocimientos internos para desarrollar los proyectos. Los pasos principales que suelen seguir las ESCO en relación con los proyectos involucrados son: un primer análisis de los datos recopilados, contratación, diseño, ejecución, monitoreo y mantenimiento.

Financial Lease: el arrendamiento financiero involucra a tres actores principales: una entidad financiera, el contratista (entidad privada) y el principal (entidad pública). Bajo esta forma contractual, el financiamiento es provisto al contratista por una entidad financiera, que luego es reembolsada por la entidad pública mediante arrendamiento y pagos.

Sponsorship Agreement: el acuerdo de patrocinio permite a las entidades públicas cooperar con el sector privado para promover proyectos innovadores en el sector gubernamental y para ejecutar obras públicas, aumentando la calidad de servicios. El papel desempeñado por la entidad privada suele estar relacionado con la provisión de capital o bienes, mientras que la entidad pública se centra en establecer metas y objetivos para el proyecto.

Los montos requeridos para el desarrollo de un Plan Maestro de desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudad Inteligente Abierta implican una magnitud importante; en consecuencia, la obligación legal de licitar las propuestas hace que esta sea una vía obligatoria en la perspectiva de un Plan Maestro. Sin embargo, proyectos puntuales enmarcados dentro de la propuesta pueden ser considerados para otras alternativas, como concesiones o permisos precarios.

Una **solicitud de información**, o RFI por sus siglas en inglés (*Request For Information*), es un proceso empresarial cuyo propósito es recoger información por escrito acerca de las capacidades y nuevas soluciones que proveedores del mercado local o internacional pueden ofrecer. Normalmente sigue un formato que puede ser usado para efectos comparativos.

Recomendaciones

para evaluación de ofertas:

- Definir claramente los documentos requeridos.
- Dar a conocer a todos los interesados información técnica de base.
- Tener factores y ponderaciones fácilmente entendibles.
- Establecer visitas a terreno y el período de consultas previo a la recepción de ofertas.
- Darle publicidad a las preguntas recibidas y a las respuestas.
- Publicitar los integrantes de la comisión evaluadora.

La definición de la vía más adecuada para el proceso de ejecución del Plan Maestro o de los proyectos específicos incluidos en él dependerá de la estrategia planteada por el municipio en cuanto a los recursos disponibles destinados, los plazos planteados como meta y los objetivos específicos del proyecto.

¿Cómo obtener información sobre las tecnologías disponibles en el mercado local?

15.- Levantamiento de capacidades tecnológicas y humanas disponibles en el mercado local (RFI).

Es la entidad compradora la que impone, en mayor o menor medida, los términos y condiciones del contrato, a través de las bases de licitación o de los términos de referencia. Si no conoce correctamente la oferta tecnológica disponible en el mercado, puede formular un requerimiento idóneo, que no satisfaga sus expectativas. Sin embargo, los proponentes interesados deberán ofertar o cotizar respecto de esas especificaciones. Frente a este problema, una entidad podría solicitar apoyo informal a algún proveedor específico, que le permita elaborar las bases técnicas de una propuesta o licitación, restándole imparcialidad y transparencia al proceso de compra desde sus inicios.

Para evitar lo anterior, la normativa de compras exige que en propuestas o licitaciones donde la evaluación de ofertas sea de gran complejidad, las entidades licitantes deban obtener y analizar información acerca de:

- Las características de los bienes y servicios requeridos
- Sus precios
- Los costos asociados
- El tiempo suficiente para la preparación de las ofertas
- Alternativas para solucionar el problema
- Posibles reglas para evaluar propuestas
- Cualquier otra característica que se requiera para la confección de las bases o términos de referencia de la licitación

Para este efecto, las entidades licitantes hacen un requerimiento al público en general y a los proveedores en particular, para que les entreguen información útil para precisar la futura convocatoria. Este mecanismo se denomina en inglés Request for Information (RFI).

Mediante una consulta al mercado, el órgano público, la municipalidad o un consorcio de municipalidades pueden recibir comentarios y respuestas de un universo suficiente y representativo de los eventuales oferentes/proveedores, que aclaren las dudas, confirmen aspectos definidos por la estrategia y el alcance y, fundamentalmente, le permitan contar con información adecuada para formular de manera correcta su requerimiento en las bases de licitación o en los términos de referencia, según corresponda.

El documento de RFI debe difundirse adecuadamente a todos aquellos proveedores que pueden tener interés en participar, con el objeto de legitimar la consulta. Para ello se realizan llamados públicos y abiertos, convocados a través del sistema de información www.mercadopublico.cl.

¿Cómo hacer el proceso de ejecución del plan maestro?

16.- Definición de alternativas de ejecución, etapas o líneas.

En el caso de ejecutar el Plan Maestro mediante una licitación, una licitación conjunta es una alternativa que permite coordinar los esfuerzos de un conjunto de municipios para obtener beneficios comunes. Se entiende como licitación conjunta aquella que realiza un grupo de compradores, previamente concertados, con el objetivo de obtener mejores precios o mejores condiciones comerciales a consecuencia de disponer de un mayor poder de compra.

En tal sentido, señala la Directiva N°29 de la DCCP (Chilecompra, 2017): “resulta necesario impulsar la realización de procesos de compra de forma conjunta entre varias instituciones, para adquirir bienes y servicios estandarizables, en donde no se observen diferencias sustanciales en los requerimientos de los órganos concurrentes y que, en lo posible, el factor determinante de selección sea el precio”.

Las compras conjuntas se han de admitir cuando se presentan las siguientes condiciones:

- Economías de escala
- Homogeneidad de la demanda

Respecto de la homogeneidad de la demanda se ha de tener en consideración:

- La estandarización de bienes y servicios
- La dispersión geográfica, de modo que las decisiones logísticas no impacten en las condiciones de contratación o en los resultados netos del proceso de compra
- Estructuras organizacionales semejantes de las instituciones que adquieren
- Coordinación de las entidades compradoras, por ejemplo, respecto de plazos de entrega, formas de pago, etc.
- En cuanto a las compras conjuntas, se pueden visualizar las siguientes etapas:
- Coordinación de acciones
- Definición de bienes y servicios que se contratarán
- Definición del formato de oferta
- Consolidación de la demanda y redacción de bases de licitación u orden de compra, según corresponda
- Publicación de las bases de licitación o de la intención de compra en el Sistema de Información (www.mercadopublico.cl)
- Cierre de plazo para recibir ofertas y evaluación de estas
- Adjudicación y selección de proveedores
- Emisión de las respectivas órdenes de compra, suscripción de contratos o acuerdos complementarios para cada organismo

En el caso de las municipalidades, es posible acordar este mecanismo entre varias que se congreguen en un espacio territorial común e interrelacionado. El convenio puede ser genérico, para eventuales compras conjuntas, o específico, para adquirir o contratar un bien o servicio especial, entre algunas tecnologías vinculadas a las Ciudades Inteligentes Abiertas.

En el ámbito de la Ley N°19.886, para llevar adelante un proceso de compra en conformidad con los lineamientos institucionales de Chilecompra específicos para TICs, se ha de tener en consideración lo indicado en la Directiva N°24 (Chilecompra, 2015):

- Objeto del contrato: se aplica la ley a las compras de bienes muebles y prestaciones de servicio a título oneroso cuyo objeto guarde relación directa con las tecnologías de la información, sin perjuicio que dichas tecnologías comprendan un abanico amplio de bienes muebles y prestaciones de servicios, tales como desarrollo de *software*, operaciones de sistemas, adquisición de *hardware* o *software*, análisis de datos, plataforma de datos, *hosting* o *housing*, externalización, *cloud computing* (en sus distintas modalidades), optimización y automatización de procesos de gestión, etc.
- Procedimiento de compra: las pautas de esta Directiva son aplicables, en primer término, a procesos licitatorios realizados por las entidades, de manera conjunta o no. Sin embargo, también contiene reglas específicas relativas al procedimiento de convenio marco en compras mayores a 1.000 UTM (grandes compras) y a ciertos casos de trato directo.
- Nivel de complejidad del proyecto: se distinguen procesos de compra estandarizados y frecuentes -como la compra de insumos o ciertas piezas-, y aquellos proyectos más sofisticados que involucran grandes volúmenes de productos, altos montos, distintas prestaciones relacionadas o mayores riesgos en la ejecución o implementación del contrato.

Respecto de las contrataciones complejas, como las relacionadas con TICs, existen recomendaciones de buena práctica realizadas por la DCCP, también contenidas en la Directiva N° 24.

Entre los factores que hacen de un proceso licitatorio de compra o contratación de TIC una operación compleja se encuentran:

En el mismo contrato concurren simultáneamente varias prestaciones diferentes (por ejemplo: las soluciones integrales).

- En la operación se transan montos altos (en especial los superiores a 5.000 UTM).
- Complejidades de la definición del requerimiento o la satisfacción de este (por ejemplo: exigencias técnicas de compatibilidad o soluciones tecnológicas de mayor innovación o de punta).

¿Cómo asegurar claridad en el proceso de asignación del plan maestro?

17.- Metodología para realizar aclaraciones hacia oferentes.

Las Bases de Licitación deben establecer los períodos de consulta, como también los tiempos de respuesta. Las consultas se pueden hacer a través de medios electrónicos, pero también pueden organizarse reuniones presenciales o visitas a terreno para un mejor entendimiento de los servicios y tecnologías que se requieren. Para mayor transparencia e igualdad de los oferentes, las respuestas deben ser públicas de manera que todos los interesados puedan tener el mismo nivel de información. Si del tenor de las consultas la entidad notare que hay algún aspecto que no se entiende, es imperioso que la entidad lo clarifique y precise con la mayor difusión posible.

Las mismas bases normalmente incluyen períodos de aclaraciones luego de recibidas las propuestas, las cuales se pueden hacer siempre respetando el principio de igualdad entre los oferentes.

¿Cómo asegurar transparencia en la asignación de las propuestas de ejecución?

18.- Evaluación y adjudicación del proceso de contratación (licitación u otro).

En las bases de licitación se debe establecer cómo se realizará la elegibilidad y evaluación de las propuestas y su forma de adjudicación.

Generalmente hay una primera etapa de elegibilidad administrativa/legal, en la que se revisa que los postulantes cumplan con el perfil, generalmente corporativo y con las credenciales y presentación de experiencia en la implementación/operación de proyectos similares requeridos. Una vez superada esta etapa, se entra en la evaluación propiamente tal.

Si la entidad cuenta con recursos, es útil tener opiniones externas y técnicas al momento de evaluar las propuestas. Típicamente se pueden contratar consultores que entreguen un informe con su opinión y *ranking* de las propuestas recibidas. Esta información es un insumo que permitirá a la comisión evaluadora tener más elementos para fundar su decisión.

Es usual que en las licitaciones se establezcan criterios de evaluación y ponderaciones por cada uno. Criterios son, por ejemplo, entendimiento del estado del arte del servicio en cuestión, experiencia del proponente en el tipo de servicio requerido, las condiciones de posventa y garantías, las capacidades técnicas comprobables y grupo de trabajo ofrecido para el servicio, y el precio.

En general, a cada criterio se le pone una nota, por ejemplo, de 1 a 5, donde la más alta será para quien satisfaga más ampliamente el criterio. Cada criterio tiene un porcentaje de relevancia. No es extraño que el factor precio sea muy relevante en la ponderación, entre un 30% y un 60%, junto con las cualidades del proveedor, en cuanto experiencia y conocimientos técnicos.

La evaluación deberá constar en un acta suscrita por todos los integrantes de la Comisión Evaluadora, en la cual se deberá dejar constancia de las notas asignadas a cada postulación en cada criterio de evaluación, de la fundamentación de la calificación, de las notas finales que resulten de la ponderación de cada uno de los factores y de la recomendación de esta Comisión respecto a qué postulante se debe seleccionar o, de otra forma, si la licitación debe ser declarada desierta.

Una vez concluida la evaluación, el resultado de esta será comunicada a los participantes de la licitación. La Comisión Evaluadora debe tener en cuenta los riesgos que inciden en la compra o contratación pública de TICs como también los principios para compras o contrataciones públicas para *Smart Cities*.

La Directiva N° 24 (Chilecompra, 2015): identifica cinco clases de riesgos asociados a las contrataciones de productos y servicios vinculados directamente con las tecnologías de la información:

- Mala formulación del requerimiento técnico
- Excesiva dependencia del proveedor (*lock in*)
- Amenazas para la seguridad de la información
- Falta de continuidad del servicio
- Amenazas a la libre competencia

En toda compra pública pensada para Ciudades Inteligentes Abiertas deben ser considerados los siguientes principios:

Neutralidad tecnológica:

Es comúnmente definida como “la libertad de los individuos y las organizaciones de elegir la tecnología más apropiada y adecuada a sus necesidades y requerimientos para el desarrollo, adquisición, utilización o comercialización, sin dependencias de conocimiento implicadas como la información o los datos” (Ríos, 2013).

a) Principio de neutralidad tecnológica

En virtud de este principio aplicado a la contratación de suministro y la prestación de servicios informáticos por parte de organismos del Estado, estos no deben dar preferencia a tecnología específica alguna, favoreciéndola o perjudicando expresamente a otras. Según este principio, en caso de ser necesario optar por alguna tecnología concreta, se debe justificar fundadamente que la elección de esa tecnología fue objetiva.

Para respetar el principio de neutralidad se recomienda evitar, por ejemplo, la mención de marcas específicas en las bases de licitación, así como tampoco pedir especificaciones técnicas a la medida de productos tecnológicos concretos en que, aunque no mencione o refiera a una marca, en los hechos solo podrían participar el o los oferentes que dispongan de esa marca o características del producto, excluyendo a otros oferentes.

Por tanto, se deben indicar los estándares técnicos más que a una marca propietaria, porque de esta manera aumenta la participación. Por ejemplo, para adquirir un sistema de gestión de bases de datos, si se solicita el estándar SQL y no solo marcas como Microsoft SQL Server, Oracle, DB2 o MySQL, podrán ofertar distintos oferentes, lo que no sería factible si se licitara una marca.

En el caso de tratos directos o en las grandes compras de convenios marco se pueden solicitar productos de marcas específicas. Sin embargo, para respetar el principio de neutralidad en un proceso de compra en que, excepcionalmente, se necesite adquirir una tecnología específica, hay que fundamentar objetiva e imparcialmente las razones.

b) Interoperabilidad

La gestión digital de la administración pública aspira, entre otros aspectos, al desarrollo de proyectos que coordinen la actuación de varios servicios públicos, expresa la Directiva N° 24. Por lo tanto, es menester analizar el grado de interoperabilidad que necesita obtener de los bienes a contratar, es decir, su capacidad para operar y comunicarse con sistemas heterogéneos. Por su parte, la interoperabilidad es la capacidad de un sistema para integrarse a otro dentro del mismo órgano público.

Interoperabilidad:

El concepto de la interoperabilidad, según la definición del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), es la habilidad que poseen dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada.

Esta interacción implica que las organizaciones involucradas compartan información y conocimiento a través de sus procesos de negocio, mediante el intercambio de datos entre sus respectivos sistemas TICs.

También se debe poner atención a las posibles consecuencias en los usuarios -internos y externos- al integrar sistemas, migrar datos o reemplazar equipos.

¿Cómo debe ser la coordinación entre la entidad o empresa privada asignada a la propuesta o licitación con las diferentes unidades municipales involucradas?

19.- Coordinación de la entidad o empresa adjudicada en la licitación con las diferentes unidades municipales involucradas.

Es fundamental que exista una contraparte municipal o supervisor o administrador del contrato, con las atribuciones otorgadas de manera formal, para que interactúe con la entidad o empresa (proveedor) que fue adjudicada en el proceso de licitación, y que además mantenga una colaboración permanente con las partes interesadas de la comuna. Las iniciativas de mayor éxito son prueba patente de las cuatro "C":

Compromiso: la mayoría de los altos dirigentes de los gobiernos locales, entre ellos los alcaldes electos, los líderes del consejo y los directores ejecutivos, deben ejercer un liderazgo directo. En muchas ciudades cuyo progreso es manifiesto, los dirigentes han nombrado a un director ejecutivo dedicado específicamente a crear, comunicar e impulsar un programa de Ciudad Inteligente Abierta y sostenible.

Colaboración: es necesario convocar un foro colectivo de autoridades regionales interesadas que reúna los recursos locales. Esto se debe a que la mayoría de las autoridades locales solo controlan directamente una parte de los recursos regionales, y no definen directamente muchas de las prioridades locales.

Coherencia: las partes interesadas regionales deben crear, en forma conjunta, una visión local clara y coherente, pues no la puede fijar una sola autoridad local. Esta visión ofrece un contexto en el que se pueden tomar decisiones combinando los intereses individuales y los objetivos comunes, y en el que se pueden enmarcar las ofertas de financiación e inversión que resulten convincentes.

Comunidad: las únicas personas que saben realmente cómo debería ser una Ciudad Inteligente Abierta y sostenible son los ciudadanos, las comunidades y las empresas que viven y trabajan en ella y que la costean con sus impuestos. Las iniciativas más eficaces nacerán de su innovación participativa de carácter ascendente. Se recomienda en este punto revisar el capítulo V sobre la visión general del asociativismo municipal.



Figura 10.8 Etapas de realización de un proyecto de una Ciudad Inteligente Abierta.

¿Cómo deben efectuarse los controles de avance y cumplimiento de las diferentes etapas de un proyecto de una Ciudad Inteligente Abierta?

20.- Realización de reuniones de avance e informes de cumplimiento de etapas.

Una buena planificación de las reuniones de avance e informes de cumplimiento de las distintas etapas del proyecto resulta ser fundamental para el seguimiento del proyecto de la Ciudad Inteligente Abierta. Para aplicar la planificación de los controles en lo que respecta a las reuniones e informes de cumplimiento del modelo definido a los procesos de implementación de Ciudad Inteligente Abierta, deben tenerse presente en general los siguientes procesos:

¿Qué es un hito crítico?

Es un punto significativo dentro de un proyecto. Algunas veces es un punto de control o verificación para proseguir con la ejecución de un proyecto o no, el cual se establece en los términos de referencia de la licitación. Un hito crítico puede estar asociado o no a un hito de pago.

Ejemplo de hito crítico al 4º mes

El adjudicatario deberá dar cuenta, al 4º mes de la implementación, que toda la Infraestructura Habilitante ha concluido, que las pruebas de aceptación se han realizado de manera exitosa y que, por lo tanto, es posible avanzar a la fase de puesta en marcha de los diversos sistemas inteligentes contratados, de manera de evitar retrasos e imprevistos en el desarrollo del proyecto.

Aquí típicamente se establece la presentación de un informe técnico de cumplimiento (detallado o breve) por parte del adjudicatario, a cargo de su gerente de proyecto. Este informe se expone a los responsables de la implementación, quienes verificarán el estado real de avance y determinarán si es necesario o no realizar ajustes a la metodología y/o al plan de proyecto en caso de constatarse inconvenientes que puedan bloquear el paso a la siguiente fase, situación que se informa a los involucrados en la gestión del proyecto. El informe de cumplimiento del hito Crítico debe ser aprobado por la entidad contratante para permitir la continuación del proyecto, autorizar el pago correspondiente o definir una extensión de una nueva etapa del contrato o el término anticipado del mismo.

- **Concepto y diseño:** es el primer paso del proceso, y como punto de partida todos los pasos siguientes deben ser incluidos en la perspectiva del diseño.
- **Financiamiento:** es fundamental que el proyecto obtenga una financiación adecuada a los objetivos que persigue.
- **Aplicación:** es el núcleo del desarrollo del proyecto, donde el concepto se transforma en realidad.
- **Gestión:** una vez que el proyecto ha sido implementado, tiene que ser puesto en funcionamiento y la gestión se convierte en la clave para garantizar su correcto funcionamiento.
- **Transferibilidad:** este es un paso futuro e implica que el proyecto pueda ser replicable a otros proyectos piloto dentro del mismo municipio u otro.

Es fundamental que el control de avance se realice dentro de un marco jurídico actualizado y acorde a la legislación vigente.

Para la etapa de implementación, las bases de licitación y luego el contrato deben contemplar hitos y KPIs de revisión de los avances, asociados o no a cuotas de pago. Estos hitos debiesen comprometer un informe. Una buena metodología es establecer un primer hito crítico de ajuste dentro de los primeros meses de contrato y tener informes regulares que no cubran menos de 4 meses ni más 6 meses de ejecución. Un informe en la mitad del proyecto, con un órgano ampliado de revisión, también es una buena práctica. Por ejemplo, en un contrato de 5 años, se podría tener un hito crítico de ajuste al mes 4º, informes breves sobre cumplimiento de KPIs cada 6 meses, siendo el informe correspondiente al mes 30 revisado por una comisión ampliada. Estos informes deben contener lo medular, ser ejecutivos y de no más de 10 páginas cada uno.

Por último, es importante recordar que el oferente debe presentar un plan de prueba tentativo para facilitar la recepción conforme y, además, entregar un plan del proyecto para el despliegue de la Red WSA y de los controladores luminarias, prueba en marcha del CMS y aplicaciones, entre otros, conforme a los plazos establecidos en la licitación.

Se sugiere revisar el capítulo III (alumbrado público inteligente conectado), el capítulo V (visión general del asociativismo municipal) y el capítulo VI (gobernanza en una Ciudad Inteligente Abierta).

¿Cómo iniciar los procesos de implementación?

21.- Desarrollo de testeo por sectores (aproximaciones a terreno).

La implementación de una Ciudad Inteligente Abierta puede comenzar de manera pequeña y gradual, con un testeo por sectores, pero siempre con una visión de conjunto, de colaboración apoyada en plataformas abiertas, que incentiven la participación del ciudadano y de la iniciativa privada. En la práctica, eso significa que las ciudades pueden comenzar por invertir en tecnologías colaborativas para debatir problemas y soluciones, presentar la solución de los problemas a los ciudadanos, utilizar herramientas en línea que permitan que las personas debatan ideas y decidir cuáles de ellas deben ser implementadas.



22.- Análisis de percepción de habitantes y usuarios del territorio.

Luego de implementar el Plan Maestro es importante tener contacto con los ciudadanos y ciudadanas y obtener una necesaria retroalimentación de ellos, para saber si las tareas realizadas tendientes a convertir el espacio en una Comuna Inteligente Abierta han representado una solución a sus aspiraciones o necesidades.

Esto, que comúnmente se conoce como encuesta de salida, consiste en contrastar las expectativas de las personas, la intervención, con la evaluación final de los usuarios. Es fundamental que antes de iniciar el proceso de evaluación de las intervenciones realizadas se tenga claro que no hay un solo tipo de usuario y, por ende, es posible que las encuestas deban ser distintas, de acuerdo con el usuario que se quiere sondear. Por lo pronto, es posible distinguir tres categorías de usuarios:

- Habitantes del barrio
- Usuarios del barrio (no habitantes)
- Autoridades

En términos generales es posible proponer los siguientes pasos a seguir:

- a) Revisar la encuesta de sondeo de necesidades que se hizo en el comienzo del diseño de la intervención. Esta revisión nos permitirá conocer cuáles eran las principales necesidades que las personas reportaron a la hora de ser consultadas por eventuales implementaciones tecnológicas en los barrios en que habitan o circulan.
- b) Sobre la base de las necesidades reportadas y las soluciones propuestas, establecer mediante una batería de preguntas una serie de factores a analizar, especialmente lo relacionado con:
 - Uso concreto de la tecnología instalada: para esto se pueden poner alternativas de conductas concretas.
 - Complejidad: con estas preguntas es posible saber si las intervenciones tienen o no un uso “sencillo” por parte de los usuarios o bien representan una complejidad más en su cotidiano vivir.
 - Conocimiento: sondear en los usuarios cómo se han enterado (o si no lo han hecho) de las nuevas tecnologías disponibles.
 - Aporte: sondear si las intervenciones realizadas son efectivamente un aporte para solucionar sus problemas cotidianos (transporte, seguridad, salud, compras, etc.).

Por supuesto, estos puntos no son excluyentes de otros que puedan ser incorporados de acuerdo con la fenomenología propia de cada intervención. Asimismo, se debe tener muy en cuenta la distinción de usuarios de la que se habló antes.

- c) Con los resultados a la vista, entregar informes a quienes han ejercido los liderazgos de las implementaciones para poder informar cómo ha sido visto el trabajo por parte de quienes no han estado involucrados en la intervención. Esto permitirá corregir desviaciones o planificar nuevas intervenciones.

¿Cuáles son los plazos y tipos para la evaluación de resultados del Plan Maestro?**23.- Evaluación de resultados en diversos plazos.**

La evaluación de resultados de un Plan Maestro de Infraestructura Habilitante para Ciudades Inteligentes Abiertas, luego de las evaluaciones de avance en el proceso de implementación, considera las siguientes etapas:

- Plazos de operación plena (término de ejecución)
- Plazos para la mantención de sistemas
- Plazos para las actualizaciones de sistemas

¿Qué es el Ciclo de Deming?

Es una estrategia propuesta por Edwards Deming, que se basa en un espiral de mejora continua, basado en Planificar-Hacer-Verificar- Actuar (PHVA).

La mejora continua es un proceso que procura mejorar los procesos, servicios y productos de una organización, en este caso del municipio. Está basada en revisión continua de las operaciones.

¿Cómo aprender de lo realizado y mejorar nuevos procesos?

25.-Mejoramiento: con las métricas obtenidas hacer una realimentación de mejoramiento de procesos con las lecciones que se han aprendido.

El planificar, hacer lo planeado, evaluar y mejorar, según el ciclo de Deming, es muy importante para la planificación, gestión y desarrollo de un territorio inteligente, ya que es un ciclo de aprendizaje para el mejoramiento continuo de los procesos que impacta directamente a un mayor bienestar para los ciudadanos. Los resultados medibles de los proyectos que se realicen, en conjunto con el plan comunicacional y la participación de los ciudadanos, fomentarán los futuros proyectos.

El proceso de aprender de las experiencias no debe estar circunscrito a lo que se genere internamente en el propio proyecto de municipio/Ciudad Inteligente Abierta. Este aprendizaje debe ser ampliado para incluir experiencias externas, tanto positivas como negativas. Se debe indicar que no existe una solución única para todos los casos, pues cada municipio/ciudad tiene características propias y necesidades diferentes. Es importante revisar algunos estudios comparativos de proyectos y experiencias de casos exitosos (ver capítulo IV, sobre aplicaciones en Ciudades Inteligentes Abiertas).

Finalmente, es necesario mostrar a la comunidad que el proyecto está funcionando bien y que está mejorando la calidad de vida de los ciudadanos y, para ello, los indicadores deben ser publicados en los canales que el municipio considere adecuado.

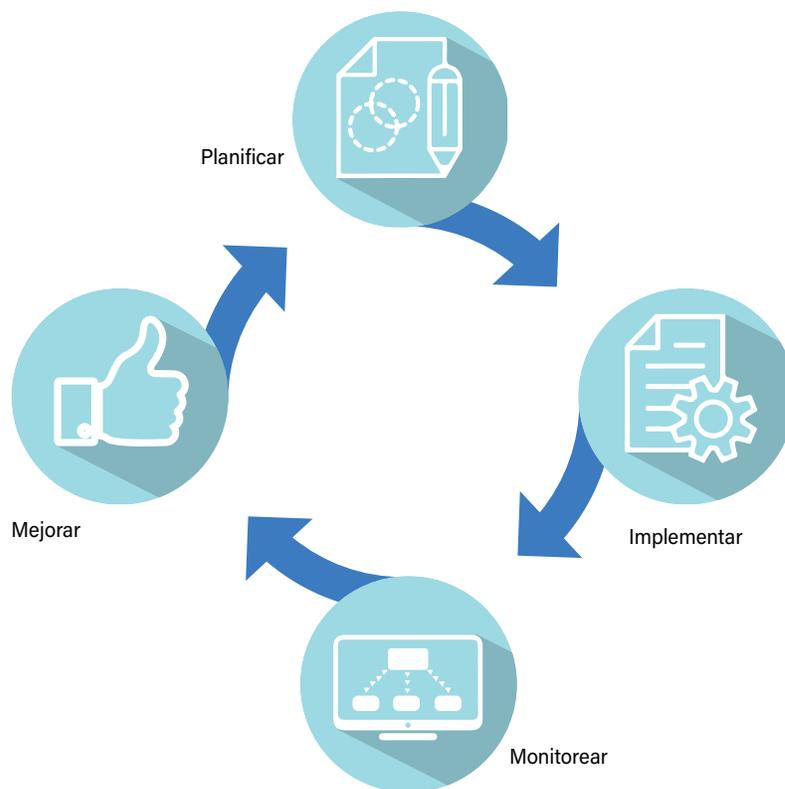
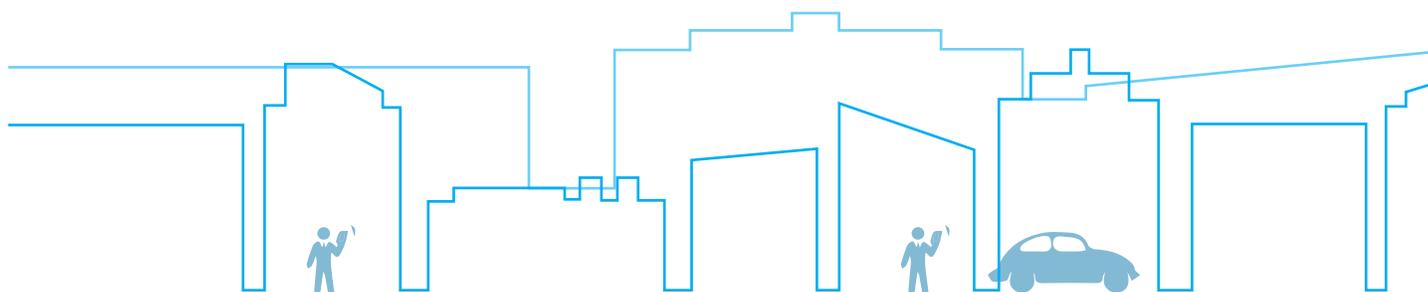


Figura 10.9. ciclo de Deming.



Referencias bibliográficas

Al-Debei, M., El-Haddadeh, R., & Avison, D. (2008). Defining the business model in the new world of digital business. Proceedings of the Fourteenth Americas Conference on Information Systems, Toronto, ON, Canada August 14th-17th 2008.

Banco Mundial. (2018). Infraestructura y alianzas público-privadas. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/publicprivatepartnerships/overview>

Barcelona. (2020). Apps municipales. Disponible en: <https://ajuntament.barcelona.cat/apps/es>

Barceló-Ugarte, T., Cabezuelo-Lorenzo, F., Sánchez-Martínez, M. (2017). Ciudades inteligentes y apps para la ciudadanía: Análisis de casos pioneros en España. Anuario electrónico de estudios en comunicación social "Disertaciones", vol. 10, no. 2, pp. 225-236.

BID. (2016.) La ruta hacia las Smart Cities. Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-ruta-hacia-las-smart-cities-Migrando-de-una-gestión-tradicional-a-la-ciudad-inteligente.pdf>

Carrato T., Nesbitt P., Kehoe M.(2012). IBM Intelligent Operations Center. Disponible en: <https://www.ibm.com/developerworks/industry/library/ind-intelligent-operations-center/index.html>

Chan B., Paramel R. (2018). The Smart City Ecosystem Framework – A Model for Planning Smart Cities. Disponible en: <https://iiot-world.com/smart-cities/the-smart-city-ecosystem-framework-a-model-for-planning-smart-cities/>

Chilecompra. (2015). Directiva 24: Instrucciones para la contratación de bienes y servicios relacionados con tecnologías de la información. Contenida en la Resolución Exenta N° 571 B, de 1° de diciembre de 2015, de la DCCP. Disponible en: <https://www.chilecompra.cl/category/centro-de-documentacion/normativa/directivas-de-compra/>

Chilecompra. (2018, a). Directiva de Contratación Pública N°29. Recomendaciones para realizar compras conjuntas de bienes y servicios. Actualización según Resolución 611 B, 19 de noviembre de 2018. Disponible en: <https://www.chilecompra.cl/category/centro-de-documentacion/normativa/directivas-de-compra/>

Chilecompra. (2018, b). Directiva de Contratación Pública N° 26. "Recomendaciones para una mayor eficiencia en la contratación de bienes y servicios". Actualización según Resolución 209-B, 5 de abril de 2018. Disponible en: <https://www.chilecompra.cl/category/centro-de-documentacion/normativa/directivas-de-compra/>

Cippic. (2020). Open Smart Cities FAQ. Disponible en: https://cippic.ca/en/Open_Smart_Cities

Cisco. (2014). Perfil de la jurisdicción: La iniciativa Barcelona, ciudad inteligente impulsada por IdT reduce las facturas de agua, aumenta los ingresos de estacionamiento, genera empleo y más. Disponible en: https://www.cisco.com/c/dam/m/es_la/ieo/public_sector/pdfs/Jurisdictions/Barcelona_Jurisdiction_Profile_final.pdf

Cisco. (2018). Evolving Technologies. IoT Standards and Protocols. Disponible en: <https://network-lessons.com/cisco/evolving-technologies/iot-standards-and-protocols>

Club de Innovación. (2019). Reporte ejecutivo Open Smart Cities. Impacto en los modelos de negocios, en las ciudades del futuro. Primera jornada, 30 de abril del 2019, Santiago Chile.

Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, vol. 4, no. 16, pp. 386-405.

Corfo. (2019). Guía infraestructura habilitante de ciudades inteligentes. Diciembre 2019.

Corfo. (2020). Plan Maestro Modelo para el Desarrollo de Infraestructura Habilitante de Ciudades Inteligentes Abiertas. Disponible en: <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>

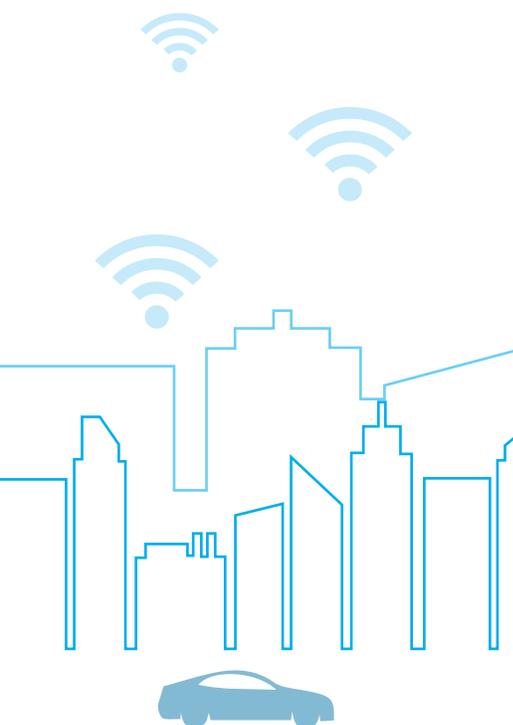
Corfo-Acti-Quam, Correa-Gubbins. (2019). Estudio Jurídico y Regulatorio para el Desarrollo de las Redes de Telecomunicaciones Urbanas en Chile.

Corfo-Acti-Quam. (2019). Modelo de Negocios para el Desarrollo de Redes de Comunicaciones IoT Habilitantes y Multipropósito a nivel municipal. [d2_final_report_v3.0_no_annex_iv.pdf](#)

Data Warden. (2019). Claves de Ciberseguridad para Ambientes IoT. Disponible en: <http://datawarden.com/new/claves-de-ciberseguridad-para-ambientes-iot/>

Deloitte. (2018,a). How smart is your city? Disponible en: <https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/impact-report-2018/articles/how-smart-is-yourcity.html>

Deloitte. (2018,b). Plan director Algeciras Smart city. Disponible en: <http://www.algeciras.es/opencms/export/sites/algeciras/.galleries/publicaciones/documentos/Plan-SmartCity-Algeciras.pdf>



Díaz-Díaz, Raimundo; Muñoz, Luis; Pérez-González, Daniel. (2017). The business model evaluation Tool for Smart Cities: Application to SmartSantander Use Cases.

European Commission (2016). Analysing the potential for wide scale roll out of integrated Smart Cities and Communities. Disponible en: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/>

Fiware. (2018). Smart cities. Transforming cities to deliver more efficient services and boost growth. Disponible en: <https://www.fiware.org/community/smart-cities/>

Future Cities Canada. (2019). Accelerating innovation to transform cities for the benefit of us all. Disponible en: <https://futurecitiescanada.ca/>

Gaulé, E., Jurgita, Š., & Jolanta, S. (2015). Smart Public Governance: dimensions, characteristics, criteria. International Research Society for Public Management Conference. Birmingham, London.

Grout, P. (2008). Private Delivery of Public Services. The Centre for Market and Public Organization, <https://e.huawei.com/es/material/industry/smartcity/fd6fc58e324a4beba385fc00672e75a7>

Huawei. (2018). Huawei Intelligent Operation Center(IOC). solution brochure, 2018. Disponible en: Industrial Control Designline. (2013). Oracle centralizes smart city nervous system. Disponible en: <https://www.eetimes.com/oracle-centralizes-smart-city-nervous-system>

INN. (2019). Normas chilenas. NCh-ISO IEC 14908/1:2016; NCh-ISO IEC 14908/2:2017; NCh-ISO IEC 14908/3:2017; NCh-ISO IEC 14908/4:2017; NCh3426:2017; NCh3427:2017; NCh-IEC60598/1:2017; NCh-IEC60598-2-3:2017; NCh-ISO/IEC TR 22417:2019. Disponible en: <https://ecommerce.inn.cl/nch-iso-iec>

INN. (2017). NCh3426:2017 – Dispositivo externo tipo fotocelda para control de driver o balasto. Disponible en: <https://www.inn.cl/nch-aprobadas?page=38>

Kichin, Rob (2016). The ethics of smart cities and urban science. Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences, pp. 1-15.

Kogan, N. (2014). Exploratory Research on Success Factors and Challenges of Smart City Projects. Master 's Thesis, Department of Business Administration, Graduate School, Kyung Hee University, Seoul, Korea.

Laurialt, T., Bloom R., Landry J.N. (2018). Open Smart Cities Guide V. 1.0. Open North. Canada. Disponible: <https://docs.google.com/document/d/1528rqTjzKWwk4s2xKuPf7ZJg-tLIRK8WcMzQbicoGTM/edit>

Llanca Salazar, Pablo (2015). Smart Cities: ¿Es Santiago una Ciudad Inteligente?: Análisis y seguimiento del modelo de Smart City en El Gran Santiago. Trabajo de Graduación Magíster en Gobierno y Gerencia Pública INAP – Universidad de Chile.

McGrath, R.G. (2010). Business models: A discovery driven approach. Long Range Plan, vol. 43, pp. 247-261.

Mckinsey Global Institute. (2018). Smart cities: digital solutions for a more livable future. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/smart-cities-digital-solutions-for-a-more-livable-future>

Mehmood Y., Ahmad F., et. all. (2017). Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 9, pp. 16-24.

Ministerio de Obras Públicas (MOP). Dirección General de Concesiones (2020). Marco Legal. Disponible en: Dirección General de Concesiones. Marco Legal. Disponible en: http://www.concesiones.cl/quienes_somos/funcionamientodelsistema/Paginas/Marco-Legal.aspx

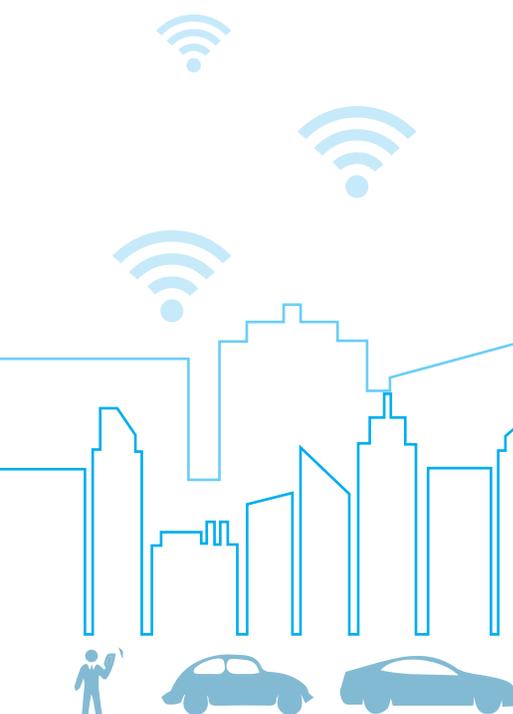
NIST. (2015). Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security. Disponible en: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-82r2.pdf>

Ontsi. (2015). Estudio y Guía Metodológica sobre Ciudades Inteligentes. Deloitte Consulting. Gobierno de España. Disponible en: <https://www.ontsi.red.es/es/estudios-e-informes/Ciudades-Inteligentes/Estudio-y-Guia-Metodologica-sobre-Ciudades-Inteligentes>

Open & Agile Smart Cities. (2019). New York, OAS Cities. Disponible en: <https://oascities.org/>

OpenNorth Canada. (2019). The State of Open Smart Communities in Canada. Disponible en: <https://www.opennorth.ca/publications/>

Osterwalder, Alexander; Pigneur, Yves. (2010). Business Model Generation: A Handbook for visionaries, game changers and challengers.



Postscapes. (2020). Smart City Application Use Cases and Software. Disponible en: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-award/smart-city-application/>

Reci. (2020). Red Española de ciudades inteligentes. Disponible en: <http://reddecidadesinteligentes.es/>

Ríos, Mauro. (2013). Technological Neutrality and Conceptual Singularity. Disponible: <https://ssrn.com/abstract=2198887>

Rodríguez Bolívar, Manuel P.; Meijer, Albert J. (2015). Smart Governance: Using a Literature Review and Empirical Analysis to Build a Research Model. *Social Science Computer Review*, pp. 1-21.

Saaty, Thomas. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83-97.

Santander. (2017). Santander smart citizen. Disponible en: https://santander.es/sites/default/files/santander_smart_citizen.pdf

Santiago Humano & Resiliente. (2017). Disponible en: <http://santiagoresiliente.cl/>

ShareTechnote. (2017). Low Rate - WPAN - 6LoWPAN. Disponible en http://www.sharetechnote.com/html/IoT/LR_WPAN_6LoPAN.html

Subdere. (2010). Tipología Municipal Matriz de análisis: prestación de servicios municipales. Informe final programa fortalecimiento de la gestión subnacional. Disponible: https://www.dipres.gob.cl/597/articles-141149_informe_final.pdf

Subdere. (2014). Catastro de Asociaciones Municipales. Programa De Fortalecimiento de Asociaciones Municipales. Disponible en: <http://www.subdere.gov.cl/registro-%C3%BAnico-de-asociaciones-municipales>

Subtel. (2018). Resolución Exenta de la Subtel N° 1.985 de fecha 17 de octubre de 2017, modificada el 31 de julio de 2018.

Synchronicity. (2020). A Guide to SynchroniCity. Disponible en: <https://synchronicity-iot.eu/>

Tech. (2018). IoT Standards and Protocols. Disponible en: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/> 5

Toch, E, BID. (2018). Tecnologías de Smart Cities en Israel: Un análisis sobre tecnologías de vanguardia y polos de innovación. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/tecnologias-de-smartcities-en-israel-un-analisis-sobre-tecnologias-de-vanguardia-y-polos-de-innovacion>

Toro, Julio. (2009). Experiencia chilena en concesiones y asaciones pública-privada para el desarrollo de infraestructura y provisión de servicios públicos. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Experiencia-chilena-en-concesiones-y-asociacionesp%C3%BAblicas-privadas-para-el-desarrollo-de-infraestructura-y-la-provisi%C3%B3n-de-servicios-p%C3%BAblicos.pdf>

Tuataratech. (2017). Sensores (Sensors) vs Actuadores (Actuators). Disponible en: https://www.tuataratech.com/2015/06/sensores-sensors-vs-actuadores-actuators_8.html

UNE. Normalización Española 178201 (2016). Ciudades inteligentes. Definición, atributos y requisitos. Disponible en: <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une?c=N0056504>

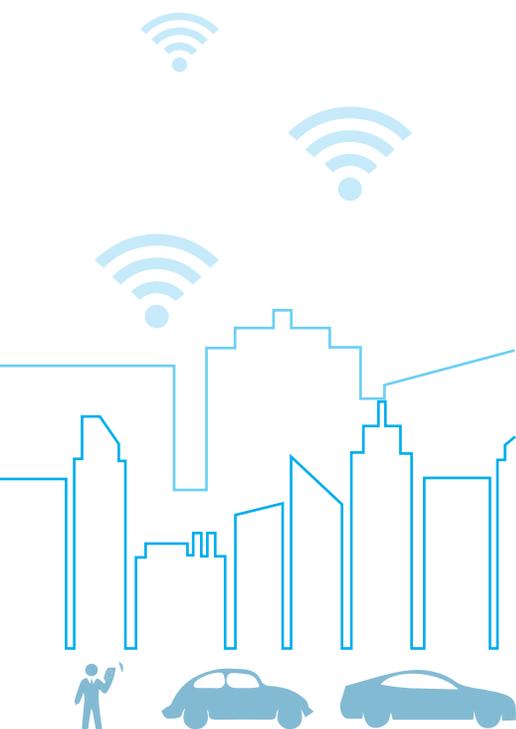
Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016). Focus Group on Smart Sustainable Cities. Disponible en: <http://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx>. University of Bristol.

Unzueta, E. (2015). Análisis prospectivo del asociativismo municipal en Chile. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/134913>

Valdivia. (2015). Plan de Acción de Valdivia (2015). Valdivia, Capital Sostenible. Disponible en: https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/plan_de_valdivia_27-05

Valenzuela, J. (2007). Análisis Prospectivo de las capacidades Institucionales y de Gestión de los Gobiernos Subnacionales en Chile. Banco Interamericano de Desarrollo CONO SUR. Serie de Estudios Económicos y Sociales. CSC-07-006. pp. 27 - 156.

Waissbluth, Mario y otros. (2014). Co-creación para la innovación: un caso en el sector público chileno. *Revista Ingeniería de Sistemas*, vol. 28, pp. 5-26.



ANEXO

Índice de los Informes del Plan Maestro Modelo para el desarrollo de infraestructura habilitante de una Ciudad Inteligente Abierta

<http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/10242>

INFORME 1

Plan de Trabajo y formulación de Modelo Metodológico para la asesoría experta

1. Resumen ejecutivo
2. Introducción
3. Plan de trabajo
4. Formulación de Modelo Metodológico
5. Revisión de antecedentes documentales
6. Conclusiones al Informe 1

ANEXO 1 A

Modelo de negocio para el desarrollo de una red de comunicaciones IoT multipropósito municipal

ANEXO 1 B

Estudio jurídico y regulatorio para el desarrollo de las redes de telecomunicaciones urbanas en Chile

ANEXO 1 C

Servicio Integral de Iluminación de espacios públicos con Red Habilitante. Bases Administrativas

Generales. Municipalidad de La Reina 16/11/2018

Servicio Integral de Iluminación de espacios públicos con Red Habilitante. Bases técnicas. Municipalidad de La Reina 16/11/2018

Foro Preguntas-Respuestas. Municipalidad de La Reina 18/12/2018

ANEXO 1 D

Piloto Infraestructura IoT para Ciudades Inteligentes ACTI

Piloto Infraestructura IoT para Ciudades Inteligentes Componente Técnico 1 Red IoT Urbana Inteligente ACTI

Piloto Infraestructura IoT para Ciudades Inteligentes Componente Técnico 2 Alumbrado Público Preparado para IoT

Piloto Infraestructura IoT para Ciudades Inteligentes GLOBO Sep. 2017

Piloto Infraestructura IoT para Ciudades Inteligentes. Términos de Referencia Administrativos 21 de agosto de 2017. Programa Estratégico Nacional de Industrias Inteligentes – CORFO y Asociación Chilena de Tecnologías de Información A.G.

Piloto Infraestructura IoT para Ciudades Inteligentes. Términos de Referencia Técnicos 21 de agosto de 2017 Programa Estratégico Nacional de Industrias Inteligentes – CORFO y Asociación Chilena de Tecnologías de Información A.G.

ANEXO 1 E

Carta Gantt del Proyecto

INFORME 2

Evaluación de la experiencia de los procesos de licitación de Infraestructura Habilitante en Municipios y Proveedores

1. Resumen ejecutivo
2. Introducción
3. Evaluación de situación actual (parte 1), municipios y actores privados
4. Validación de Modelo Metodológico
5. Conclusiones al Informe 2

INFORME 3

Levantamiento de observables para la construcción de línea base para territorio representativo y diagnóstico de evaluación

1. Resumen ejecutivo
2. Introducción
3. Evaluación de situación actual para condiciones habilitantes en Chile (parte 2).
4. Levantamiento de observables para la construcción de línea base para territorio representativo (*focus group*, etc.) y diagnóstico de evaluación
5. Levantamiento de factores cualitativos
6. Conclusiones al Informe 3

ANEXO 3 A

Barrio San Borja: Diagnóstico, potencialidades y propuestas

ANEXO 3 B

Bases técnicas "Diseño de arquitectura y desarrollo de proyecto y especialidades "parque -museo humano", San Borja, comuna de Santiago

ANEXO 3 C

Plan maestro de revitalización barrial San Borja. Metodología de trabajo (75 pág.)

ANEXO 3 D

Bases pasarelas San Borja. Concurso de ideas de arquitectura y paisaje para pasarelas San Borja y entorno

ANEXO 3 E

Informe de Sondeo Ciudadano en Barrio San Borja. Plan Maestro Modelo Santiago de Chile. Abril 2019

INFORME 4

Análisis y propuesta de Sistemas de Alumbrado Público Inteligente Conectado (parte 1) y otros aspectos relacionados

1. Resumen ejecutivo
2. Introducción
3. Análisis y propuesta de Sistemas de Alumbrado Público Inteligente Conectado
4. Aplicación de encuestas en territorio representativo y diagnóstico de evaluación
5. Diseño Técnico de soluciones a implementar en Centro de Gestión demostrativo
6. Diagnostico Estratégico
7. Conclusiones al Informe 4

ANEXO 4 A

Características Técnicas Luminarias - Tecnología LED

INFORME 5

Propuesta de un Sistema de Alumbrado Público Inteligente Conectado (parte 2) y Directrices, Metas y Lineamientos para el PMM

1. Resumen Ejecutivo
2. Introducción
3. Propuesta de un Sistema de Alumbrado Público Inteligente Conectado
4. Propuesta de directrices, Metas y Lineamientos para el PMM
5. Propuesta de Aplicaciones para una Ciudad Inteligente
6. Propuesta de PMM para sector Representativo (San Borja) Fase 1
7. Conclusiones al Informe 5

ANEXO 5 A

Listado de empresas israelíes que desarrollan soluciones para ciudades inteligentes

ANEXO 5 B

Empresas y aplicaciones utilizadas en España en el ámbito de ciudades

ANEXO 5 C

Listado de aplicaciones en uso en distintas ciudades en el mundo

INFORME 6

Análisis y Propuesta de Tecnologías de Comunicaciones IoT para Ciudades Inteligentes y otros temas relacionados

1. Resumen ejecutivo
2. Análisis y Propuesta de: tecnologías IoT en Ciudades Inteligentes
3. Propuesta de mecanismo de Implementación, Gestion, Evaluacion y Seguimiento
4. Incorporación de estudios realizados (benchmark IoT + Legal + Mod. Negocios)
5. Sistematización de resultados Integración de Sistemas de Televigilancia
6. Propuesta PMM para Sector Representativo (San Borja) (Fase 2)
7. Conclusiones al Informe 6

INFORME 7

Propuesta de una Arquitectura Tecnológica de Ciudad Inteligente

1. Resumen ejecutivo
2. Introducción
3. Análisis preliminar de Arquitectura Tecnológica de Ciudad Inteligente
4. Propuesta de una Arquitectura Tecnológica de Ciudad Inteligente
5. Sistematización de Laboratorio Bandera Catedral
6. Conclusiones al Informe 7

INFORME 8

Consideraciones para el desarrollo de una Ciudad Inteligente

1. Resumen ejecutivo
2. Consideraciones para el desarrollo de una Ciudad Inteligente
3. El Sistema de Compras Públicas
4. Administración territorial
5. Conclusiones al Informe 8

INFORME 9

Consideraciones generales sobre implementación de Centros Urbanos de Gestión Inteligentes

1. Resumen Ejecutivo
2. Centro Urbano de Gestión Inteligente
3. IBM - Intelligent Operation System
4. Huawei - Smart City IOC Solution
5. Análisis de casos en la ciudad de Santiago
6. Conclusiones al Informe 9

ANEXO 9 A

Consideraciones generales sobre implementación de Centros de Gestión Urbanos



CORFO 



UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE

ACTI