

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MIGRACIÓN DE UNA
CIUDAD TRADICIONAL A UNA CIUDAD INTELIGENTE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN CONECTIVIDAD Y REDES DE TELECOMUNICACIONES**

VARGAS CALERO VERÓNICA ROSALVA

**DIRECTOR: Ph.D. ANA MARÍA ZAMBRANO VIZUETE
CODIRECTOR: MSc. FABIO MATÍAS GONZÁLEZ GONZÁLEZ**

Quito, Septiembre 2021

AVAL

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Verónica Rosalva Vargas Calero, bajo nuestra supervisión.

**Ph.D. ANA MARÍA ZAMBRANO VIZUETE
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**MSc. FABIO MATÍAS GONZÁLEZ GONZÁLEZ
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Verónica Rosalva Vargas Calero, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.



Verónica Rosalva Vargas Calero

DEDICATORIA

Este Trabajo de Titulación es dedicado especialmente a mi madre por su gran apoyo y confianza.

También se lo dedico a mi hija, a mi esposo y a mi abuelita; ella, que es mi ángel en el cielo.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento eterno a Dios y a mi familia, principalmente a mi abuelita que aunque está en el cielo sigue presente en mi mente y en mi corazón. A mi madre, quién con gran sabiduría, paciencia y un inmenso amor han sabido guiar mi vida por el sendero del bien y de la justicia, a fin de engrandecerme y que cada día sea mejor persona.

A mi esposo e hija por que han sabido comprenderme durante todo este proceso y a todas las personas que me brindaron su apoyo y confianza para culminar este proyecto de vida.

De la misma manera, mi agradecimiento a mis tutores en especial a Ing. Anita Zambrano por su conocimiento, su guía y tiempo para cumplir con el desarrollo del presente Trabajo de Titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 Estudio Actual y Futuro de las TIC's	3
1.4.1.1 Antecedentes.....	3
1.4.1.2 Estado Actual.....	9
1.4.1.3 Futuro de las TIC's.....	10
1.4.2 Tecnologías de Información Necesarias para una Smart City	12
1.4.2.1 Tecnologías para la Recepción de Datos	13
1.4.2.2 Tecnologías para la Transmisión de Datos	17
1.4.2.3 Tecnologías para el Almacenamiento y Análisis de Datos	24
1.4.2.4 Internet de las Cosas (IoT - Internet of Things).....	36
1.4.2.5 Redes de Banda Ancha, Telefonía Móvil y sus Aplicaciones	42
1.4.2.6 Redes Sociales	48
1.4.3 Conceptos de una Smart City	49
1.4.3.1 Características, Beneficios y Atributos de una Smart City	52
1.4.3.2 Elementos de una Smart City	53
1.4.3.3 Actores de una Smart City	54
1.4.3.4 Objetivos de una Smart City	55
1.4.3.5 Dimensiones de una Smart City.....	56
1.4.3.6 Retos de una Smart City.....	56
1.4.4 Ámbitos de una Smart City	57

1.4.4.1	Movilidad y Transporte (Smart Mobility).....	58
1.4.4.2	Gestión de Gobierno (Smart Government – Smart Economy)...	60
1.4.4.3	Calidad de Vida y Entretenimiento (Smart Living – Smart Entertainment)	60
1.4.4.4	Educación y Personas (Smart Education – Smart People).....	60
1.4.4.5	Gestión de Riesgos (Smart Environment).....	61
1.4.4.6	Eficiencia Energética (Smart Energy)	62
1.4.4.7	Salud (Smart Health)	63
1.4.5	Estudio del Estado del Arte en Ámbitos de una Smart City	64
1.4.5.1	Movilidad y Transporte (Smart Mobility).....	68
1.4.5.2	Gestión de Riesgos (Smart Environment).....	77
1.4.5.3	Eficiencia Energética (Smart Energy)	80
1.4.5.4	Educación (Smart Education – Smart People).....	86
1.4.5.5	Salud (Smart Health)	88
1.4.5.6	Entretenimiento (Smart Living – Smart Entertainment).....	92
1.4.5.7	Gobierno (Smart Government – Smart Economy)	94
1.4.6	Situación Legislativa en Ecuador y el Mundo	98
1.4.6.1	Legislación del Ecuador	98
1.4.6.2	Legislación de Ciudades de Éxito Smart City	108
2.	METODOLOGÍA	115
2.1	Metodología Investigativa	115
2.2	Niveles de Servicios TIC´s	117
2.2.1	Nivel de Servicios	117
2.2.2	Nivel de Soporte	120
2.2.3	Nivel de Conocimiento	121
2.2.4	Nivel de Monitorización	123
2.2.5	Nivel de Comunicaciones e Interoperabilidad	124
2.2.6	Nivel de Legalización	126
2.3	Propuesta de Diseño para una Arquitectura Conceptual	126
2.4	Propuesta Metodológica	135
2.4.1	Propuesta de Infraestructura Tecnológica para los Ámbitos Considerados.....	141
3.	SITUACIÓN ACTUAL	146
3.1	Situación Actual de Quito	146
3.1.1	Proyectos Smart Existentes en Quito	148

3.1.1.1 Movilidad.....	148
3.1.1.2 Gobierno	149
3.1.1.3 Medio Ambiente	150
3.1.1.4 Gestión de Riesgos.....	151
3.1.1.5 Calidad de Vida y Entretenimiento.....	152
3.2 Propuesta de Estrategias de Gestión en los Ámbitos Prioritarios Definidos	152
3.3 Propuesta de Modificación a la Legislación Ecuatoriana	164
4. RESULTADOS	172
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	187
5.1 Conclusiones.....	187
5.2 Recomendaciones	188
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	189
ORDEN DE EMPASTADO	204

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Evolución de las Computadoras	4
Tabla 1.2. Desarrollo de las Telecomunicaciones	6
Tabla 1.3. Desarrollo de la Red Internet.....	8
Tabla 1.4. Características de las TIC's.....	9
Tabla 1.5. Fases de Evolución de Internet	11
Tabla 1.6. Entornos del Uso de Sensores	15
Tabla 1.7. Componentes Funcionales de una CDN	18
Tabla 1.8. Beneficios de las CDN.....	20
Tabla 1.9. Beneficios de las SDN.....	23
Tabla 1.10. Características de Cloud Computing	25
Tabla 1.11. Características de Cloud Computing	26
Tabla 1.12. Retos de Cloud Computing	27
Tabla 1.13. Atributos de Cloud Computing.....	31
Tabla 1.14. Áreas de Impacto en la Analítica de Datos.....	33
Tabla 1.15. Característica Big Data 4 V's.....	34
Tabla 1.16. Características M2M.....	38
Tabla 1.17. Características de los Dispositivos de M2M	39
Tabla 1.18. Etapas de Funcionamiento en M2M	40
Tabla 1.19. Capas de la Arquitectura IoT	41
Tabla 1.20. Características de Redes 3G	45
Tabla 1.21. Características de LTE	46
Tabla 1.22. Beneficios de Redes 5G.....	47
Tabla 1.23. Aspectos de una Smart City	50
Tabla 1.24. Características y Beneficios de una Smart City.....	52
Tabla 1.25. Actores de una Smart City.....	54
Tabla 1.26. Ámbitos de una Smart City.....	58
Tabla 1.27. Objetivos de una Smart Grid	62
Tabla 1.28. Enfoque de Transformación en Ciudades de América Latina	66
Tabla 1.29. Enfoque de Transformación en Diferentes Ciudades de Europa ..	67
Tabla 1.30. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Movilidad y Transporte. 69	
Tabla 1.31. Proyecto SIMM de Medellín	70
Tabla 1.32. Funciones del SIMM de Medellín	71

Tabla 1.33. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Movilidad y Transporte ..	76
Tabla 1.34. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Gestión de Riesgos.....	78
Tabla 1.35. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Gestión de Riesgos	80
Tabla 1.36. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Eficiencia Energética ...	81
Tabla 1.37. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Eficiencia Energética	85
Tabla 1.38. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Educación Inteligente...	87
Tabla 1.39. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Educación.....	88
Tabla 1.40. Servicios en la Telemedicina	90
Tabla 1.41. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Salud Inteligente	91
Tabla 1.42. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Salud	92
Tabla 1.43. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Vida y Entretenimiento Inteligente.....	93
Tabla 1.44. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Entretenimiento	94
Tabla 1.45. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Gobierno y Economía Inteligente	95
Tabla 1.46. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Gobierno.....	97
Tabla 1.47. Artículos de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones	99
Tabla 1.48. Artículos 1, 14, y 39 de la Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reforma.....	102
Tabla 1.49. Artículos citados de la Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos	104
Tabla 1.50. Artículos citados en la Constitución de la República del Ecuador	105
Tabla 1.51. Artículos de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública.....	106
Tabla 1.52. Artículos de la Ley del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos	108
Tabla 1.53. Ley para Servicios de Telecomunicaciones y Espectro Radioeléctrico en Colombia	109
Tabla 1.54. Derechos de los Ciudadanos definidos en la Ley de Acceso Electrónico	111
Tabla 1.55. Artículos de la Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos11/2007	111
Tabla 2.1. Tipos de SLA.....	119

Tabla 2.2. Aspectos de un Servicio	120
Tabla 2.3. Características de la Información	122
Tabla 2.4. Protocolos para Comunicaciones Móviles	125
Tabla 2.5. Niveles Smart	138
Tabla 2.6. Herramientas Tecnológicas para los diferentes Niveles y Ámbitos Smart City.....	142
Tabla 3.1. Tabla de Posiciones de ISP	148
Tabla 3.2. Proyectos Medioambientales	150
Tabla 3.3. Propuestas de Reforma de ley	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Enfoques de la Transformación Digital.....	12
Figura 1.2. Cadena de Valor de una Smart City.....	13
Figura 1.3. Uso de Sensores y Cámaras	14
Figura 1.4. Métricas de Rendimiento en una CDN.....	19
Figura 1.5. Arquitectura SDN	23
Figura 1.6. Niveles de una Cloud Computing.....	29
Figura 1.7. Arquitectura IoT.....	42
Figura 1.8. La Tecnología en la Actualidad, Integrantes SMAC.....	48
Figura 1.9. Elementos de una Smart City.....	51
Figura 1.10. Aspectos de una Smart City.....	54
Figura 1.11. Servicios Smart Environment.....	61
Figura 1.12. Centro de Operaciones Rio (COR).....	65
Figura 1.13. Smart Grid.....	83
Figura 1.14. Sitio web de la Dirección General de Gobernanza Pública de Madrid	96
Figura 2.1. Metodología Investigativa.....	116
Figura 2.2. Servicio de los Proveedores en una Smart City	118
Figura 2.3. Niveles de la Arquitectura Conceptual	127
Figura 2.4. Nivel de Captación de Datos.....	127
Figura 2.5. Nivel de Interconexión.....	129
Figura 2.6. Nivel de Conocimiento	130
Figura 2.7. Nivel de Interoperabilidad.....	130
Figura 2.8. Nivel de Servicios Inteligentes	131
Figura 2.9. Nivel de Soporte.....	132
Figura 2.10. Diseño de Arquitectura Conceptual.....	134
Figura 2.11. Niveles Smart.....	137
Figura 2.12. Fases de Propuesta Metodológica	140
Figura 2.13. Infraestructura Smart City	140
Figura 3.1. Niveles de Participación Ciudadana.....	146
Figura 4.1. Porcentaje de Conocimiento del término Smart City	176
Figura 4.2. Porcentaje del Tiempo Necesario para ser una Smart City.....	177

Figura 4.3. Porcentaje de las Ciudades del Ecuador Consideradas como Ciudades Inteligentes	178
Figura 4.4. Porcentaje de Ámbitos a ser Enfocados por el Gobierno Local de Quito.....	178
Figura 4.5. Porcentaje de Proyectos Considerados a ser Desarrollados en Quito	179
Figura 4.6. Porcentaje de Elementos que Intervienen en una Smart City	180
Figura 4.7. Porcentaje de Beneficiados en una Smart City	180
Figura 4.8. Porcentaje de Áreas con Inversión por el Gobierno y la Administración Local	181
Figura 4.9. Porcentaje de Percepción en la Gestión de Movilidad y Sistemas de Transporte de Quito	182
Figura 4.10. Porcentaje de Características a Considerar en un Plan de Movilidad	182
Figura 4.11. Porcentaje de Uso de la Tecnología para Mejorar la Calidad de Vida	183
Figura 4.12. Porcentaje de Tipos de Dispositivos Inteligentes Utilizados.....	184
Figura 4.13. Porcentaje de Consideración de Vivir en una Ciudad Inteligente	184
Figura 4.14. Porcentaje de Disponibilidad de Conexión a Internet desde Teléfono Celular	185
Figura 4.15. Porcentaje de Percepción del Principal Beneficio de una Ciudad Inteligente.....	186

RESUMEN

La documentación del presente Trabajo de Titulación, surge de la necesidad de realizar una propuesta metodológica que permita ser una guía para que una ciudad tradicional pueda convertirse en una ciudad inteligente.

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de este capítulo se define el Objetivo General, Objetivos Específicos y Alcance del Proyecto. A continuación, en el desarrollo del Marco Teórico se estudia las diferentes tecnologías que son necesarias en una *Smart City*, así como los términos y conceptos inmersos en una Ciudad Inteligente.

Capítulo 2. METODOLOGÍA

En de este capítulo se define el tipo de metodología que será la guía para el diseño de la Propuesta Metodológica, así como las diferentes fases para la implementación de proyectos *Smart*. En seguida, se realiza el estudio de los diferentes niveles de servicios con los que cuenta una ciudad inteligente y así establecer el diseño de Arquitectura Conceptual, con lo cual se puede construir una infraestructura *Smart*.

Capítulo 3. SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se realiza un análisis de la situación actual de Quito, ciudad escogida como caso de estudio para el desarrollo del Proyecto y una revisión de los proyectos existentes; además, propuestas de proyectos con los que se pretende que la ciudad sea catalogada como Ciudad Inteligente.

Capítulo 4. RESULTADOS

En este Capítulo se realiza el análisis de los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los diferentes sectores de la ciudad de estudio Quito, con la finalidad de determinar el nivel de conocimiento referente a los aspectos que involucra la migración de una ciudad tradicional a una *Smart City*.

Capítulo 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente en este Capítulo, se plantean una serie de conclusiones obtenidas durante el desarrollo de este Proyecto y recomendaciones para lograr la implementación de una Ciudad Inteligente.

PALABRAS CLAVE: Telecomunicaciones, *Smart City*, TIC's, Ámbitos, Servicios, Redes, Sensores.

ABSTRACT

The documentation of this Degree Project arises from the need to make a methodological proposal that allows to be a guide for a traditional city to become an intelligent city.

Chapter 1. INTRODUCTION

This chapter defines the General Objective, Specific Objectives and Scope of the Project. Next, in the development of the Theoretical Framework, the different technologies that are necessary in a Smart City are studied, as well as the terms and concepts immersed in a Smart City.

Chapter 2. METHODOLOGY

This chapter defines the type of methodology that will be the guide for the design of the Methodological Proposal, as well as the different phases for the implementation of Smart projects. Next, a study of the different levels of services available in a smart city is carried out in order to establish the design of the Conceptual Architecture, with which a Smart infrastructure can be built.

Chapter 3. CURRENT SITUATION

In this chapter an analysis of the current situation of Quito, the city chosen as a case study for the development of the Project and a review of the existing projects is carried out; in addition, proposals for projects with which the city is intended to be classified as a Smart City.

Chapter 4. RESULTS

This chapter analyzes the results obtained from the survey applied to the different sectors of the city of Quito, in order to determine the level of knowledge regarding the aspects involved in the migration from a traditional city to a Smart City.

Chapter 5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Finally in this Chapter, a series of conclusions obtained during the development of this Project and recommendations to achieve the implementation of a Smart City are presented.

KEYWORDS: Telecommunications, Smart City, ICT's, Sectors, Services, Networks, Sensors.

1. INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) se han convertido en un aliado fundamental en el proceso de migrar una "ciudad tradicional" a una "ciudad inteligente" (*Smart City*). Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) [1] señala que, más de la mitad de la población del planeta (54.6%) vive en ciudades y que para el 2050 el 70% de la población vivirá en ciudades. Por tal razón el desarrollo de ciudades tradicionales, la mejora de toma de decisiones, la eficiencia de operaciones, la prestación de los servicios y, por ende, mejorar la calidad de vida de las personas, viene a ser un requerimiento del nuevo siglo para todos los países.

Hoy por hoy ya existen ciudades vinculadas a esta tendencia, incluso en América Latina donde ciudades como: Bogotá, Medellín, Río de Janeiro o Buenos Aires han dado pasos agigantados en cuestión de salud, educación, entretenimiento, seguridad, gestión de riesgos, eficiencia energética, etc.; por lo que se puede evidenciar que, la modernización de las ciudades genera grandes beneficios en los aspectos citados. Y con el afán de incrementar el número de ciudades que realicen la migración para convertirse en ciudades inteligentes [2], se ve la necesidad de realizar una propuesta metodológica que brinde una guía para que las ciudades tradicionales migren de manera eficiente, eficaz y oportuna. Solamente por citar, Quito no es una ciudad inteligente a pesar de sus grandes avances tecnológicos por parte de la empresa privada y pública, pero también es importante citar que según [3], Quito presenta un alto potencial para ser una ciudad inteligente dado que evoluciona con rapidez; y aunque no llega a serlo, se pretende alcanzar esta meta al año 2040.

En conclusión, el problema es la necesidad de evolucionar de una ciudad tradicional a una *Smart City* [2]; para lo cual, el marcar una primera guía a través de una propuesta metodológica se convierte en un requisito. Cabe la pena recalcar que, aunque existen planes por parte de diversos entes como el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito de fomentar una ciudad inteligente, no se ha encontrado referencia alguna sobre una guía metodología de migración. Lo que representa una necesidad.

Dada a conocer la necesidad, el producto base a entregar en este Trabajo de Titulación, será un documento que contenga una propuesta metodológica para la migración de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente bien definida; que incluya a su vez, un estudio exhaustivo de las tecnologías requeridas, y un diseño conceptual (arquitectura) definido en diferentes niveles de servicio tal y como se detallará en los siguientes apartados.

1.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta metodológica para la migración de ciudades tradicionales a ciudades inteligentes.

1.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual y futura de una *Smart City* y las tecnologías requeridas.
- Diseñar una arquitectura conceptual que fortalezca la propuesta metodológica.
- Establecer una propuesta metodológica para la migración de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente.
- Plantear ideas de proyectos en los ámbitos de aplicación prioritarios dentro de una *Smart City* para una ciudad tipo. Por ejemplo, la ciudad de Quito.

1.3 Alcance

El alcance hace referencia a las limitaciones que tendrá el desarrollo del Trabajo de Titulación. De esta manera, la propuesta metodológica a presentar constará de las siguientes limitaciones con respecto a puntos citados a lo largo del documento:

- **Estudio de Ámbitos de Aplicación:** Hace referencia a 6 ámbitos prioritarios considerados dentro de una *Smart City* [4]: Movilidad y Transporte; Gestión de Riesgos; Eficiencia Energética; Educación; Salud y Entretenimiento.
- **Estado del Arte de Proyectos de Éxito en Otras Ciudades del Mundo:** Se estudiará al menos 2 artículos científicos por cada ámbito de aplicación (6) de una *Smart City*.
- **Análisis Social:** Se realizará 20 encuestas de muestreo en cada zona definida por código postal en la ciudad de Quito (13 zonas) [5] para captar la percepción de la ciudadanía con respecto a la migración hacia una *Smart City*.
- **Análisis Legal:** Estudiar las leyes que rigen las TIC's inmersas en el proceso de migración. Se analizará primeramente leyes en países (al menos dos) donde las ciudades inteligentes son una realidad. Y por otro lado se estudiará las leyes involucradas en el Ecuador como: la Constitución del Ecuador [6], la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP) [7], la Ley Nacional de Registro de Datos Públicos [8] y la Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos [9].

1.4 Marco Teórico

El crecimiento acelerado de las ciudades puede afectar la sostenibilidad y calidad de vida de sus habitantes. Un estudio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) [10] señala que en el 2050 el 70% de la población vivirá en zonas urbanas. Esta urbanización y la revolución digital [11] hacen que la tecnología sea un factor muy importante para promover la sostenibilidad en una ciudad, la cual se logra a mediano o largo plazo con el apoyo y cooperación de sus autoridades.

La implementación de una *Smart City* es una tarea compleja que debe ser trabajada con cooperación, coordinación, liderazgo y visión entre las autoridades locales, las empresas, las instituciones y los ciudadanos para obtener los múltiples beneficios que una ciudad inteligente ofrece para mejorar la calidad de vida. Por lo tanto, una *Smart City* es considerada como el espacio urbano de grandes infraestructuras [12], redes y plataformas inteligentes, con millones de sensores y actuadores; que incluye, además, a las personas y a sus teléfonos móviles; lo que permite tomar mejores decisiones proporcionando información y servicios adecuados a sus habitantes que mejoran la calidad de vida.

Las ciudades se vuelven más innovadoras, competitivas, atractivas y resilientes, gracias al desarrollo integrado y sostenible de la ciudad, lo que conlleva a una mejor calidad de vida de sus habitantes.

Por lo tanto, la integración del uso de las TIC's en la evolución de una ciudad no solo va a suponer mejoras en la provisión de servicios, sino que va a ser constituida como sostenible en el desarrollo económico y social. Por tanto, es una necesidad el convertirse en una *Smart City*.

1.4.1 Estudio Actual y Futuro de las TIC's

1.4.1.1 Antecedentes

Las TIC's han evolucionado con el tiempo y con sus descubrimientos, siendo así, que el primer computador hace su aparición en 1822 por el inglés Charles Babbage, mismo que con la ayuda del gobierno británico implementó en 1823 un dispositivo mecánico para realizar sumas repetidas [13].

A continuación, en la Tabla 1.1 se enlistan otros acontecimientos relevantes de la evolución de las computadoras, mismos que inicia en 1822 hasta 1990.

Tabla 1.1. Evolución de las Computadoras [14].

Año	Descubrimiento	Detalle
1822	Artefacto de la diferencia / Charles Babbage	Máquina que realizaba cálculos matemáticos mediante la utilización del método de diferencias.
1940	Calculadora / Samuel Willimas y George Stibitz	Equipo que permite operaciones utilizando números complejos.
1944	Mark I / Howard Aiken	La Universidad de Harvard desarrolla la primera computadora que se alimentaba a través de papel y cintas perforadas.
1946	ENIAC / Universidad de Pennsylvania	Primera computadora electrónica que era capaz de procesar cinco mil operaciones aritméticas por segundo.
1951	EDVAC / Eckert y Mauchly	Computadora binaria que tuvo el primer programa diseñado para ser almacenado.
1953	IBM 650 / IBM	Los tubos al vacío son reemplazados por transistores y cambia el lenguaje de máquina por el lenguaje ensamblador. Primera computadora de escala industrial.
1964	IBM 360 / IBM	Se desarrolla la primera computadora con circuitos integrados.
1977	Apple II / Steve Jobs - Steve Wozniak	Se populariza la computadora Apple II.
1980	IBM 3094	Entre 1980 y 1990 nace la quinta generación de las computadoras diseñadas para trabajar en un proceso paralelo, es decir trabajar con varios microprocesadores y segmentación de memoria (caché).
1981	IBM-PC / IBM	Se comercializa la IBM-PC misma que marcaría la revolución en el campo de la computación personal.

1981	Laptop / Epson	Se lanza al mercado la primera computadora portátil, Epson HX-20.
1990	Sistema Operativo Windows	Conocida como la sexta generación, la cual concentra su evolución en el tamaño de procesadores y memorias, además del aumento en la capacidad y velocidad, logrando obtener dispositivos más pequeños y accesibles para su adquisición.

El origen de las Telecomunicaciones se remonta a finales del siglo XIX con la invención del telégrafo en 1833; pero en 1844 nace el primer sistema telegráfico confiable de transmisión de datos desarrollado por Samuel Morse mediante la codificación por símbolos [15]. Esta codificación lleva su mismo nombre, el cual se basa en el uso de puntos y rayas.

Posteriormente, con el invento del teléfono por Graham Bell en 1876 [16], se inicia la transmisión analógica por señales de voz [15], misma que beneficia la comunicación entre personas y da inicio a los nuevos avances tecnológicos. Sin embargo, no era posible transmitir las señales digitales codificadas a través de la línea telefónica, sin convertirlas en señales analógicas.

Después, John Logie Baird en 1922, hace su aparición con la televisión mecánica, que utilizaba el disco de Nipkow¹ [17] y una célula fotoeléctrica que permitían transformar la luz en impulsos eléctricos, a diferencia de la televisión electrónica que convertía las imágenes en señales electrónicas creada por Vladimir Zworykin.

El primer cable transatlántico se inauguró en el año de 1956, para el transporte de conversaciones telefónicas, mismo que estaba compuesto por dos cables coaxiales, capaces de soportar 36 conversaciones bidireccionales.

En 1963 se instala la primera central telefónica en Estados Unidos utilizando componentes electrónicos y parcialmente digitales; luego, en 1965 se instaló la primera oficina informatizada, lo que sin duda marcó el inicio del desarrollo informático y a partir de 1995 se incorpora la tecnología digital [18].

En la Tabla 1.2 se detalla el desarrollo de las telecomunicaciones.

¹Disco de Nipkow: Dispositivo mecánico que permite analizar una escena de manera ordenada.

Tabla 1.2. Desarrollo de las Telecomunicaciones.

Año	Descubrimientos	Detalle
1833	Telégrafo	Es un aparato que transmite mensajes codificados a larga distancia mediante impulsos eléctricos que circulan a través de un cable conductor.
1876	Teléfono	Alexander Graham Bell construyó el primer teléfono en 1876, en el estado de Massachusetts, en los Estados Unidos. Este útil invento, consiste en la transmisión de sonidos a la distancia usando la electricidad.
1922	Televisión	La televisión electrónica se basó en el iconoscopio (un aparato capaz de “traducir” imágenes en señales electrónicas), creado por el científico ruso-norteamericano Vladimir Zworykin para la compañía estadounidense Radio Corporation of America (RCA).
1927	Primera transmisión de radio telefonía de larga distancia.	Comienza el servicio internacional entre Estados Unidos y Gran Bretaña, a través de un sistema radio telefónico.
1948	Invencción del Transistor.	Los científicos William Shockley, John Bardeen, y Walter Brattain crean el transistor en reemplazo de las válvulas de vacío, calificándola como la invención más importante del siglo XX.
1951	Primer sistema transcontinental	El 17 de agosto comienza a operar el primer sistema transcontinental de microondas entre las ciudades de Nueva York y San Francisco.
1956	Cable telefónico trasatlántico	Se inaugura el primer cable trasatlántico para el transporte de conversaciones telefónicas, formado por 2 cables coaxiales con aislamiento de polietileno.
1963	Primer teléfono de	La compañía “Western Electric” crea el primer teléfono de tonos, mismos que utilizaban una matriz

	tonos	de 4 filas por 4 columnas, cada fila y cada columna corresponden a una frecuencia determinada.
1965	Primera oficina informatizada.	En Estados Unidos se instala la primera oficina informatizada, lo cual se constituye como el nacimiento del desarrollo informático.
1966	Diseño del primer módem.	AT&T diseñó el primer módem denominado "Dataphone", mismo que convertía datos en señales acústicas que podían ser transportadas mediante la red telefónica.
1984	ISDN (<i>"Integrated Services Digital Networks"</i>)	Se describe los lineamientos generales para implementar un nuevo concepto de telefonía mediante ISDN o RDSI.
1991	Primera llamada del mundo GSM	Se realizó la primera llamada mediante la red GSM, que fue construida por Telenokia y Siemens, entre el ex primer ministro de Finlandia y el alcalde de la ciudad de Tampere.
1995	Se incorpora la tecnología digital.	Se deja de utilizar la tecnología analógica y nace la modulación por impulsos codificados.

Para el caso de Internet, las organizaciones vinculadas y más representativas en este ámbito, son la IETF (*Internet Engineering Task Force*), organización encargada de la evolución de la Arquitectura en la Red y el W3C (*World Wide Web Consortium*) que continuamente se encuentra trabajando para el desarrollo de nuevos protocolos y aplicaciones enfocadas en modernizar/actualizar la arquitectura de Internet adaptándose a las nuevas necesidades de comunicación.

El protocolo de comunicación usado para Internet en redes LAN (*Local Area Network*) y WAN (*Wide Area Network*) desde hace muchos años es el protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), mismo que ha demostrado su efectividad mediante el conjunto de reglas y procedimientos a través de una técnica uniforme para el intercambio de información y que fue desarrollado en la década de 1960 a 1970 para ser utilizado en la red ARPANET.

Posteriormente, ARPANET estableció su red de conmutación de paquetes mediante líneas punto a punto [18]; aunque necesitaría de una arquitectura que le permitiera conectar múltiples redes sin perder la conexión, aun cuando una parte de la subred se dañará.

En la Tabla 1.3 se muestra el surgimiento de la red Internet y cómo se fueron conectando cada vez más los computadores hasta llegar a la aparición del primer sitio Web.

Tabla 1.3. Desarrollo de la Red Internet.

Año	Acontecimiento
1966	Nace ArpaNet – Internet/ARPA, donde se aplican los conocimientos que se tenían sobre redes para fortalecer la red ArpaNet, misma que da inicio a lo que se conoce como la Internet.
1981	Se establece la definición del protocolo de conexión de Internet TCP/IP.
1972	Nace el <i>InterNetworking Working Group</i> , quien sería la organización encargada de la administración de Internet.
1989	Se logra conectar 100000 computadoras en red.
1990	HTTP / Tim Berners, se concibió el Hipertexto para crear el World Wide Web (www), también se crearon las bases del protocolo de transmisión http, el lenguaje de documentos html y la definición del url.
1991	Aparición la World Wide Web después de la desaparición en 1990 de la red ARPANET.
2001	Crecimiento de las empresas vinculadas a Internet (.com)
2009	Aparece el primer sitio Web. Nombres de dominio, las empresas comparten información a través de Internet y brindar servicios y productos
2010 - actualidad	Información transaccional (datos estadísticos en la web) permitiendo la compra y venta de productos y servicios – Amazon.com 2011 Web Social, que permite la interacción del usuario con el contenido en la red.

1.4.1.2 Estado Actual

Las TIC's, en la actualidad son muy importantes porque permiten la comunicación entre personas desde cualquier lugar a través de dispositivos digitales, mediante el elemento más significativo, el cual es Internet.

A continuación, en la Tabla 1.4 se detallan las características más representativas de las TIC's.

Tabla 1.4. Características de las TIC's.

Característica	Detalle
Inmaterialidad	De manera general se puede indicar que las TIC efectúan el proceso de comunicación de la información.
Interactividad	Es una de las características más importantes debido a que permite el intercambio de información entre usuario – ordenador
Interconexión	Establece la conexión entre tecnologías.
Instantaneidad	Permite la comunicación y transmisión de información de forma rápida entre lugares distantes.
Calidad	Calidad en la transmisión de diferente tipo de información ya sea textual, imagen o sonido.
Innovación	Las TIC se encuentran en constante cambio e innovación en diferentes ámbitos.
Automatización	Generación de herramientas que permiten un manejo más automatizado de la información.
Diversidad	Existen varias tecnologías

En la actualidad, Internet ha cambiado la forma de comunicarse entre las personas a nivel mundial y facilita muchas actividades diarias que mejoran la vida de las personas por los avances tecnológicos que se han desarrollado y que han superado algunas barreras limitantes.

A través de la WWW, es posible acceder a un sin número de páginas Web [19], mismas que se encuentran ubicadas en diferentes servidores alrededor del mundo

conectados entre sí por la red Internet, y de las cuales se puede obtener información mediante el uso de buscadores.

Hoy en día, las TIC's se aplican en varios ámbitos para lograr mejores resultados, por ejemplo en el ámbito de la educación permiten tanto a estudiantes como profesores poner en práctica estrategias para el aprendizaje, así como también, tener una mejor comunicación; fácil acceso a una gran cantidad de información, proporcionar datos fiables de todo tipo, canales de comunicación inmediata, capacidad de almacenamiento, automatización de trabajos, interactividad y la digitalización de toda la información. Actualmente, uno de los mayores beneficios que se tiene con la implementación de las TIC's es la educación a distancia y el *E-Learning*, por ejemplo.

También, dentro del ámbito de la Administración Local, se ha desarrollado la denominada "Administración Electrónica" o "Tramitación Administrativa" aplicando las TIC's, tanto de manera interna en sus procedimientos, como en el desarrollo de los servicios que prestan las empresas a los ciudadanos; permitiendo así conseguir una administración accesible 24x7 y desde cualquier lugar. Las TIC's son de gran utilidad en la informatización del *back-office* (actividades administrativas internas de una empresa, imprescindibles para el funcionamiento de la misma mediante la optimización de recursos) por que ayuda a resolver el núcleo de la actividad administrativa [20].

Hoy en día es posible encontrar una gran variedad de aplicaciones tecnológicas, tanto personales como empresariales, mismas que han ayudado a obtener resultados más rápidos y fiables logrando con ello aprovechar las TIC's.

1.4.1.3 Futuro de las TIC's

El desarrollo de las telecomunicaciones es mucho más que un cambio de infraestructura, se han convertido en un auténtico gestor para la transformación social al democratizar sus servicios y estrechar la población a nivel mundial. Para *David Suárez de Telco Telecomunicaciones* [21], el desarrollo de las telecomunicaciones "Es un fenómeno que trasciende fronteras, industrias, idiomas y niveles socio-económicos". Además de este desarrollo, la evolución y crecimiento de las TIC's ha generado cuantiosos beneficios para el sector empresarial, fomentando un ecosistema de negocios interconectados a través de desarrollos como *Cloud Computing*, redes de alta velocidad, telefonía fija y móvil, entre otros.

La evolución de Internet ha tenido un gran impacto, tanto en el ámbito de los negocios así como en lo social, mediante conexiones inteligentes. Esta evolución está representada en cuatro fases de transformación que son:

1. Conectividad,
2. Economía en red,
3. Experiencias de Inmersión, e
4. Internet de las Cosas.

Así lo considera [10], mismas que se detallan en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5. Fases de Evolución de Internet.

FASES	DETALLE
Fase 1: Conectividad	Digitaliza el acceso a la información. <ul style="list-style-type: none"> • Email • Web Browser • Búsquedas
Fase 2: Economía en Red	Digitaliza procesos de negocio <ul style="list-style-type: none"> • <i>E-commerce</i>² • Cadena de suministros digitales • Colaboración
Fase 3: Experiencias de Inmersión	Digitaliza interacciones (Negocio & Social) <ul style="list-style-type: none"> • Social • Movilidad • Cloud • Video
Fase 4: Internet de las cosas	Digitaliza y conecta el mundo <ul style="list-style-type: none"> • Personas • Procesos • Datos • Cosas

²*E-commerce*: También conocido como comercio electrónico, consisten en la compra y venta de productos y servicios a través de medios electrónicos.

La transformación digital ya no es una opción, porque ya está sucediendo y solo resta hacer frente a estos cambios, siendo para esto consideradas las ciudades como una barrera de contención que debe ser superada, a pesar de su connotación negativa.

En la cuarta fase de transformación digital, descrita en la Tabla anterior, el objetivo principal es integrar todos los dispositivos inteligentes, denominándose como IoT (Internet of Things), para lograr con ellos una mejora en la vida de las personas y; así también el actuar y responder de manera más rápida a las diferentes situaciones que se presenten. En la actualidad, se encuentran conectados aproximadamente tan solo el 2% de los dispositivos, y se espera que a partir del año 2020 más de 50000 millones de dispositivos estén conectados.

Uno de los mitos para conseguir la transformación digital, es la inversión tecnológica; pero así también [22] define 5 enfoques para realizar esta transformación, los cuales son: Liderazgo, Estándares, Regulaciones, Modo de Operaciones, Generación de un nuevo ecosistema, así como muestra la Figura 1.1.



Figura 1.1. Enfoques de la Transformación Digital.

1.4.2 Tecnologías de Información Necesarias para una *Smart City*

En una *Smart City* se encuentran involucrados procesos, personas y tecnologías tanto para su implementación, funcionamiento y uso. Estas tecnologías deben proporcionar

a las personas la posibilidad de acceder de manera rápida y cómodamente a todos los servicios que ofrece la ciudad, mejorando la experiencia de los usuarios y ahorrando recursos durante la gestión.

Considerando la Figura 1.2, del flujo de cadena de valor de una *Smart City*, y basándose en el artículo [23], la tecnología necesaria en una ciudad inteligente estaría segmentada en tres partes como son: recepción de datos, transmisión de datos, y almacenamiento y análisis de datos. Además de cuatro elementos básicos como son: infraestructura para conectividad, sensores conectados, centros integrados de operación y control, y finalmente la interfaz de comunicación para su uso [10].



Figura 1.2. Cadena de Valor de una Smart City [23].

Para la recepción de datos son de mucha utilidad los sensores, actuadores³ y diferentes dispositivos electrónicos; mismos que deberán estar conectados en sitios estratégicos para recibir información de diferentes señales del medioambiente hasta llegar a los centros de control y gestión. Dicha información es transmitida por redes de computadoras que integran las diferentes áreas como transporte, seguridad, servicios de emergencia y sistemas de alerta [10].

1.4.2.1 Tecnologías para la Recepción de Datos

a. Redes de Sensores

Las redes de sensores inalámbricos o WSN (*Wireless Sensor Network*) son redes de numerosos nodos de sensores autónomos capaces de comunicarse inalámbricamente desde diferentes puntos; los mismos que están equipados con un sensor para detectar algún fenómeno físico [24] y suponen uno de los avances tecnológicos más investigados en la actualidad [25]. La posición de nodos sensores no necesitan ser diseñados o implementados de manera predeterminada; por otro lado, los protocolos de red de sensores y algoritmos deben poseer la misma organización y capacidades.

³Actuadores, componente electrónico que convierte las señales eléctricas a señales normales perceptibles.

El IEEE 802.5.14 [26] es el estándar de comunicación más relevante en las WSN y base para otros estándares como ZigBee [24].

Los dispositivos sensoriales son unidades autónomas que usualmente constan de un microcontrolador, una fuente de energía (batería), un radio transceptor y un elemento sensor. Un **microcontrolador** es un ordenador en un chip, autosuficiente y de bajo costo que se utiliza para controlar la funcionalidad y el flujo de datos de dispositivos electrónicos para almacenar y/o procesar datos. Para las **baterías** existen técnicas para hacer buen uso de la energía y recargarla a través de diferentes fuentes. En cada uno de los nodos de un sistema de redes de sensores inalámbricos existe una unidad de **transceptor** que está a cargo de la comunicación inalámbrica con sus compañeros.

Los sensores permiten capturar cantidades inmensas de datos en tiempo real para después procesarlos y convertirse en información relevante que facilite la toma de decisiones ante diversas situaciones que se presenten en una ciudad [10] y así poder controlarlas. Los sensores pueden medir, rastrear y localizar una infinidad de elementos en el ambiente [25].

En la Figura 1.3 se muestra los diferentes entornos en lo que el uso de sensores y cámaras pueden hacer una mejor ciudad evitando situaciones que causen inconvenientes a sus habitantes.



Figura 1.3. Uso de Sensores y Cámaras.

En la Tabla 1.6 se describen algunos entornos en los cuales se utiliza sensores y cámaras.

Tabla 1.6. Entornos del Uso de Sensores.

Entorno	Descripción
Iluminación Pública	Sensores ubicados en los postes de iluminación que permitan el encendido y apagado automático considerando la luz del ambiente y el movimiento de peatones.
Control de Energía	Permite controlar y economizar el consumo del suministro eléctrico a través de la red eléctrica inteligente.
Consumo Inteligente del agua	Permite el consumo inteligente y controla el uso del agua en las casas mediante un sistema digital inteligente.
Seguridad	Monitoreo de la seguridad urbana y tránsito mediante sensores de movimiento ubicados en las calles e intersecciones.
Semáforos Inteligentes	Semáforos controlados de manera remota que permiten la apertura y cierre de las calles considerando el flujo de los vehículos y así evitar congestionamiento en el tráfico.
Gestión del Tránsito	Cámaras ubicadas en las intersecciones de las calles y semáforos, permiten gestionar de mejor manera evitando retraso y cuello de botellas en la movilización vehicular y de personas.
Gestión de Recursos Hídricos	Sensores ubicados en las tuberías de agua monitorean el flujo del canal y las fugas existentes en la red de agua de la ciudad.
Calidad del Agua	Los sensores permiten monitorear el caudal de los ríos, playas y la calidad del agua potable de la ciudad.

Seguridad de Edificios	Sensores instalados en puertas y ventanas encargados de detectar movimientos, además registran la temperatura para evitar daños y riesgos, también se utilizan cámaras de monitoreo.
Ciudadano conectado	Los ciudadanos reciben información y alertas con el uso de aplicaciones móviles y de teléfonos inteligentes.
Servicios de Emergencia	Dispositivos GPS permiten la ubicación de las ambulancias, que con el uso de cámaras y mediante los semáforos inteligentes es posible establecer mejores rutas hasta el lugar de la emergencia.
Control de Riesgos Ambientales/Contaminación	Sensores instalados estratégicamente en la ciudad y en las fábricas, permiten monitorear el nivel de CO ₂ ; también los sensores de humo y de gases tóxicos alertan de la contaminación y de las fugas de productos químicos evitando daños ambientales.

Por ejemplo, dentro de los diferentes proyectos vinculados en una *Smart City*, la aplicación de sensores para la gestión del tránsito [1] es una de las más utilizadas; sensores que, combinados con cámaras de vigilancia instaladas en los semáforos, cruces y rutas de gran movimiento con sistemas digitales de señalización, facilitan el flujo del tráfico. Además, permiten por ejemplo controlar el tráfico cambiando el tiempo de los semáforos, cerrando o aperturando vías que descongestionen el tránsito vehicular y permitan conocer espacios libres para estacionamiento.

El monitoreo del tráfico inteligente va más allá de la estimación de vehículos en circulación, sino también de realizar un análisis sobre los aspectos que influyen en la generación de tráfico desde sus orígenes; es por eso que el uso de los sensores con tecnología inalámbrica son más precisos para la medición del flujo del tránsito en la ciudad al estar disponibles en los vehículos y teléfonos inteligentes.

Como aplicaciones inteligentes principales de las WSN están la Red Eléctrica (*Smart Grid*), la Red de Agua (*Smart Water*), Salud (*Health*) y Casas Inteligentes (*Smart Homes*). En la Red Eléctrica citada en [24], señala que esta red “no es solo una parte

importante de la industria de la energía eléctrica, sino también una parte importante de la sostenibilidad de un país”, teniendo como objetivo su modernización para que sea eficiente, segura y confiable, integrando nuevas fuentes de energía renovable. La Red de Agua centra su enfoque en obtener agua limpia identificando a través de los sensores, las potenciales fuentes para abastecimiento y fuentes de contaminación y así, determinar acciones mediante monitoreo. En el artículo [24], menciona que hoy en día, el consumo de agua con relación al año 1950 es 300% superior debido al fuerte crecimiento de la población mundial. En Salud (*Smart Health*) los nodos de sensores pueden también ser desplegados para monitorear pacientes y para brindar asistencia a inválidos principalmente. Los sensores en casas inteligentes (*Smart Homes*), están enfocados en optimizar el consumo de suministro eléctrico llegando a obtener ahorros del 25% de consumo; además, de la distribución adecuada de los diferentes servicios tales como: calefacción, agua caliente, etc.

1.4.2.2 Tecnologías para la Transmisión de Datos

La transmisión de los datos obtenidos de diversas fuentes de información, son llevadas hacia los usuarios finales mediante redes fijas o inalámbricas, siendo las redes inalámbricas las más utilizadas dentro de una *Smart City*, porque permiten disponer de la información en cualquier lugar y a cualquier hora del día (ubicuidad). A continuación, se hará un estudio de algunas tecnologías para transmitir datos, tales como las Redes CDN (*Content Delivery Networks*).

a. Redes CDN

Las redes *CDN* o Redes de Distribución de Contenido, presentan soluciones para la entrega de una gran cantidad y variedad de contenido en información (datos, voz y video) de una empresa u organización a sus usuarios o clientes mejorando el desempeño de la red mediante la optimización del ancho de banda, reduciendo costos de operación y costos de enlaces; además, ofrece la capacidad para crear formas de entretenimiento mediante el ahorro y utilización del ancho de banda.

Los principales componentes de una *CDN* son los servidores de contenido, que se encuentran replicados alrededor del mundo, mismos que redirigen una petición del cliente hacia los servidores que se encuentren ubicados topológicamente más cerca al cliente, teniendo, así como ventaja la obtención de los datos de manera más rápida, y por parte de los servidores tener una distribución eficiente de los contenidos con tiempos de respuesta más rápidos. Como componentes funcionales que forman parte

de una CDN están: la distribución de contenido, el enrutamiento de petición, el procesamiento del contenido y la autenticación, mismos que se describen en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Componentes Funcionales de una CDN [27].

Componentes	Detalle
Distribución de contenido	Son los servicios encargados de trasladar el contenido desde el servidor origen hasta los usuarios.
Enrutamiento de la petición	Corresponden a los servicios encargados del direccionamiento de las peticiones de los usuarios. Estas peticiones pueden ser tramitadas por los servidores web o por los caché web.
Procesado del contenido	Este servicio permite crear o adaptar el contenido solicitado, además incluye la modificación o conversión de la petición y contenido.
Autorización y autenticación	Es el servicio encargado de monitorear y asegurar el registro y de establecer privilegios a los usuarios.

La memoria almacenada en un sistema web mediante la cache, permite que estos sean accedidos de manera más rápida y que a su vez puedan ser reutilizados con la finalidad de disminuir los tiempos de respuesta, reducir el consumo del tráfico de datos, reducir la carga de trabajo en los servidores y así mejorar el rendimiento de todo el sistema [28].

Para medir el rendimiento de una CDN y tomando en cuenta la capacidad que tiene para entregar el contenido y servicio a sus clientes; se consideran cinco métricas para evaluar el rendimiento [27]; así como lo muestra la Figura 1.4.



Figura 1.4. Métricas de Rendimiento en una CDN.

- La *Caché*: se define por el número de objetos almacenados y el total de objetos solicitados. Mientras más elevado sea el valor obtenido, más efectiva es la técnica de caching para gestionar su proxy caché.
- El *Ancho de Banda*: es el ancho de banda reservado por el servidor origen para la distribución del contenido.
- La *Latencia*: es el tiempo de respuesta esperado por el usuario.
- La *Utilización*: es el tiempo en el que el servidor se encuentra ocupado con una petición, permite al administrador calcular la carga del CPU y el número de peticiones recibidas.
- La *Fiabilidad*: es determinada por la medida de pérdidas de paquetes. Si una fiabilidad es alta eso indica que la pérdida de paquetes es baja y que la CDN está disponible para recibir las peticiones de los usuarios.

La arquitectura de una CDN requiere de una gestión de red que controle y gestione de manera inteligente todo el sistema. También están los servidores de contenido (clúster de servidores) que tienen asociado un caché de datos. Este caché es entregado mediante los protocolos HTTP⁴, FTP⁵ o NNTP⁶, de manera que cuando un cliente realiza una petición del mismo contenido en una próxima vez, éste es entregado de manera más rápida y evita que datos repetidos vayan congestionando la red Internet;

⁴HTTP, protocolo de transmisión de información de la World Wide Web.

⁵FTP, protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP.

⁶NNTP, Protocolo de red basado en tiras de textos enviados sobre canales TCP de 7 bit ASCII.

pero en el caso de que el contenido no se encuentre disponible, el servidor asociado al caché es el responsable de obtener el contenido de otro servidor que se encuentre cerca, y en caso de que este servidor no disponga la información solicitada, entonces la solicitud es enviada al servidor origen. Una vez que el servidor origen responde con él envió del contenido al servidor que realiza la petición, este crea la caché de ese contenido para una próxima solicitud y hace efectiva la gestión de la caché.

Los parámetros que se consideran para redireccionar una solicitud son las tablas de enrutamiento (protocolo de puerta de enlace), proximidad topológica de la red y balanceo de carga en los servidores.

Dentro de las aplicaciones desarrolladas en la web para la distribución de contenido están: video streaming, voz sobre IP (*VoIP*) y redes privadas de IP; caracterizándose principalmente por la entrega de contenidos a los teléfonos móviles, medios de transmisión y reproductores de mp3.

Algunos beneficios de las CDNs en la actualidad se centran en objetivos comerciales como es la escalabilidad, seguridad, fiabilidad, capacidad de respuesta y rendimiento [29] mismas que se detallan en la Tabla 1.8

Tabla 1.8. Beneficios de las CDNs.

Beneficio CDN	Descripción
Dominios diferentes	Los archivos de una CDN se encuentran alojados en dominios diferentes lo que permite que el navegador descargue cuatro archivos adicionales a los permitidos por un solo dominio, ya que la quinta descarga se bloquea.
Archivos almacenados en caché	Debido a la probabilidad de que alguien ya haya solicitado el mismo contenido de la CDN, no es necesario descargar de nuevo el contenido porque ya se encuentra almacenado en caché.
Infraestructuras de alta capacidad	Permiten mayor disponibilidad, latencia menor en la red y menor pérdida de paquetes.
Distribución de data centers	Las CDNs proporcionan data centers localizados más cerca del usuario permitiendo así descargas más rápidas.
Control de versión	Es posible solicitar la versión más reciente de un archivo.

Análisis de uso	Las CDNs proporcionan información del uso de archivos, de sitios web y de descargas de videos; lo cual permite generar una factura por uso y mejorar el rendimiento de la red.
Rendimiento y Costo	Una CDN es capaz de distribuir la carga, optimizar el ancho de banda, incrementar el rendimiento y reducir costos de almacenamiento de contenidos.
Escalabilidad	Permite a los sistemas expandirse para manejar grandes cantidades de datos, usuarios y transacciones sin bajar el rendimiento.
Seguridad	Permite otorgar alta seguridad para contenidos confidenciales, además de proteger al contenido de accesos no autorizados y de que sean modificados.
Confiabilidad, Capacidad de respuesta y Rendimiento	Estos tres beneficios implican un tiempo de respuesta para la disponibilidad del servicio frente a interrupciones que son percibidos por los usuarios.

Las CDNs son vulnerables a diferentes ataques como ataques cibernéticos, ataques para degeneración de servicios y virus, mismos que detienen la continuidad del negocio, pero en la actualidad se generan soluciones de seguridad que cumplan los requisitos para la seguridad de los datos, de la red, de los procedimientos y del software.

El streaming hace referencia a la reproducción del flujo de contenido, sea este audio, video, texto e imágenes: pero en la actualidad es más aplicado al audio y video. Las CDNs resuelven el problema que se presenta al momento de transmitir un Video bajo Demanda (VoD) y la transmisión de la radio a través de Internet, disminuyendo la congestión del ancho de banda en los enlaces enviando el contenido almacenado previamente en un servidor a diferentes usuarios y a diferentes tiempos.

El servicio móvil de streaming incluye *Live Streaming* y *VoD*; la entrega y la reproducción suceden simultáneamente lo que permite ver el contenido en línea utilizando el protocolo HTTP sobre TCP y sin influir en la capacidad de almacenamiento del dispositivo.

Por otro lado, el protocolo **DASH** (*Dynamic Adaptive Streaming over HTTP*) fue diseñado para sobrellevar el gran crecimiento de video por Internet, definiendo un formato de entrega, generando una mejor experiencia audiovisual que se adapta a las condiciones de la red cuya idea es disponer del contenido codificado en diferentes calidades y segmentado, para que el reproductor pueda cambiar la calidad del video en cada segmento de tiempo.

Las *ECDNs* (*Enterprise Content Delivery Network*) o Redes de Contenido Empresarial, creadas para distribuir contenido y servicios relacionados a una empresa y establecer comunicación empresarial, es la tecnología que brinda beneficios en audio y video, aumentando la efectividad y reduciendo costos operacionales permitiendo a los empleados/usuarios acceder al contenido desde cualquier lugar.

En la primera generación de *ECDNs* solo distribuían contenido de imágenes fijas y texto, porque para distribuir video y audio (streaming) se necesitaba una infraestructura más robusta que permita entregar grandes cantidades de información (gigabytes) y de alta calidad.

Sin embargo, una de las principales y mayores desventajas que tienen las CDNs, es que son de costo elevado, debido a su implementación, utilización y capacitación.

b. Redes SDN (Software Defined Networking)

Las Redes Definidas por Software cambian el modelo de la administración de redes, sin aumentar hardware, a través de un modelo centralizado y programable donde el control ya no depende del hardware sino del software conocido como “*Controlador*”, obteniendo una red más eficiente, programable, automatizada y flexible. También, permite modificar dinámicamente la red en tiempo real, añadiendo líneas de código a los paquetes de datos que se ejecutan en los nodos intermedios.

El administrador de una red SDN puede cambiar las reglas de los conmutadores de red cuando así lo requiera, además de darle la forma requerida al tráfico a través de una consola de control con el cual se puede asignar o quitar prioridad o bloquear paquetes específicos.

A diferencia de una red física, con las SDN se obtienen mayores servicios, ya que es posible virtualizar la red haciéndola independiente de la infraestructura física, y creando redes lógicas que cumplen con los requisitos de un modelo *cloud*, los cuales son rendimiento, escalabilidad y agilidad.

Una red SDN está compuesta por tres capas que son la Capa de Aplicaciones, Capa de Control y la Capa de Infraestructura [30] como se muestra en la Figura 1.5.

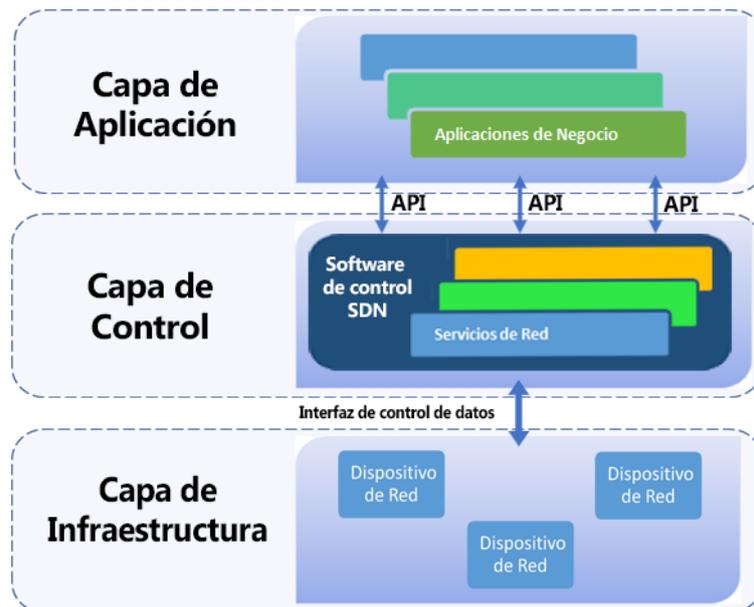


Figura 1.5. Arquitectura SDN.

La Capa de Infraestructura está compuesta por host, switches o routers y por un conjunto de medios de transmisión.

La Capa de Control está conformada por el Controlador SDN, el cual es el encargado de gestionar la red e incorporar el sistema operativo para tomar decisiones, implementar reglas y ejecutar instrucciones enviadas por las diferentes aplicaciones hacia los dispositivos de la Capa de Infraestructura.

Y la Capa de Aplicación compuesta por aplicaciones que incorporan patrones de uso de la red.

Algunos de los beneficios que proporciona una red SDN se detallan en la Tabla 1.9 a continuación [30]:

Tabla 1.9. Beneficios de las SDN.

Beneficios	Detalle
Seguridad mejorada	La seguridad es manejada por el controlador en las configuraciones de switches o routers.
Independencia	Independencia del fabricante en hardware y en el software de gestión.

Redes Dinámicas	Una SDN puede reconfigurarse en menos tiempo, con capacidad de adaptarse a los cambios establecidos
Flexibilidad	Fácil de gestionar y programar la red de manera centralizada mediante software.
Agilidad y Velocidad	Posibilidad de reservar ancho de banda para servicios adicionales.
Reducción de Costos	Se reducen costos en la adquisición de equipos adicionales y de software de gestión

1.4.2.3 Tecnologías para el Almacenamiento y Análisis de Datos

La materia prima en todo servicio dentro de una ciudad inteligente son los datos; y la recopilación y gestión de estos son de gran complejidad por su procesamiento en tiempo real, por lo cual es de gran importancia encontrar las herramientas adecuadas que faciliten su uso y tratamiento; además del análisis y rápido acceso a los datos para la toma de decisiones.

a. *Cloud Computing (Computación en la Nube)*

El término *Cloud Computing* se popularizó en el 2008, la arquitectura *Cloud Computing* o denominada también como *Informática en la Nube* o *Computación en la Nube*, es una arquitectura de prestación y aprovisionamiento de servicios de las TIC's que contempla datos y aplicaciones repartidos en nubes de máquinas, miles de servidores de Internet, y en instituciones y empresas que ponen a disposición sus datos.

La idea principal de esta arquitectura es que los usuarios y empresas puedan acceder a los servicios de TI a través de la nube. Este acceso es mediante el modelo "bajo demanda por uso" (de pago o gratuito) a un gran número de recursos informáticos [31] con gran capacidad de almacenamiento y procesamiento; sin la necesidad de tener un equipo físico y de manera local; generando ahorro en el consumo energético y en el tiempo, lo que representa que el acceso a los recursos y servicios se pueden ampliar o reducir de acuerdo a la demanda presentada.

La Informática en la Nube se refiere a equipos y aplicaciones que se ejecutan de forma remota y a los que se puede acceder por Internet. En la Informática en la Nube, los equipos y servidores físicos se reemplazan por máquinas virtuales que se ejecutan en grandes centros de datos.

Antes de la aparición de la Computación en Nube, los usuarios tenían que adquirir una licencia del software del aplicativo que deseaban utilizar. Además, cuando se necesitaba respaldar información se tenía que hacer externamente, ya sea en discos rígidos o en cintas magnéticas. Adicionalmente, un trabajo que se tenía que hacer antes de la existencia de Cloud Computing incluía la configuración y el mantenimiento de todos los periféricos ya sean de entrada o salida.

En la Tabla 1.10 se detallan las características esenciales que componen el Cloud Computing [32].

Tabla 1.10. Características de Cloud Computing.

Característica	Detalle
Pago por uso	Todos los servicios son pedidos bajo demanda del cliente a través de Internet, el mismo que paga por el tiempo de uso.
Abstracción	Gracias a la virtualización, el usuario u organización no tiene que realizar el mantenimiento de la infraestructura, software o servicios contratados.
Escalabilidad	Gracias a esta característica el usuario puede seguir contratando recursos acordes a sus necesidades
Multiusuario	Por medio del Cloud se pueden compartir los recursos y medios informáticos con varios usuarios.
Autoservicio bajo demanda	Permite acceder a los recursos de computación en la nube a medida que se los vaya requiriendo, sin necesidad de tener una interacción humana con el proveedor
Acceso sin restricciones	Permite acceder a los servicios que contrato el usuario desde cualquier lugar a cualquier instante de tiempo.

La fusión de Cloud Computing y las CDNs, favorecen a las aplicaciones de video-streaming, ya que, gracias al Cloud se obtiene alta capacidad de almacenamiento, sumado a la capacidad de escalabilidad y disponibilidad, y a los mecanismos de distribución de las CDNs que permiten mejorar el consumo de ancho de banda, mejorar la calidad y percepción del usuario minimizando latencia y flujos innecesarios de datos [27].

El desarrollo de aplicaciones en la nube facilita a los equipos de programación combinar múltiples entornos de desarrollo (programar desde cualquier lugar), realizar pruebas en tiempo real e implementar la producción en menos tiempo con otros servicios en la nube. Algunas plataformas para desarrollo en la nube son: Google App Engine [33], Amazon Web Services [34], Windows Azure App Service [35].

El almacenamiento en la nube representa ahorro en el espacio físico, inversión económica y gestión tecnológica de las unidades de almacenamiento. Empresas como Amazon y eBay han recurrido a esta forma de almacenamiento virtual.

En el *Cloud Computing* se tiene 4 ventajas principales [36] que son:

- *Flexibilidad*: conexión directa a la nube a través de Internet en tiempo real.
- *Ubiquidad*: se tiene acceso a toda la información desde cualquier lugar, ya que se encuentra alojada en la nube.
- *Reducción de costos*: su bajo costo se evidencia en los productos gratuitos o pagos mensuales sin costos adicionales por inversión de infraestructura o licencias reduciendo el gasto de TI en las PYME, además no se requiere de sistemas costosos para el uso de recursos informáticos, aplicaciones de correo electrónico ya que puede utilizarse aplicaciones de Google y tampoco se requiere de mucho recurso humano para los sistemas.
- *Escalabilidad y Fiabilidad*: debido a las diferentes infraestructuras los sistemas pueden ser escalables y fiables [37] mediante la utilización redundante de sitios, para realizar recuperaciones en caso de fallo sin afectar el servicio.

Además, se tienen otras características como se detallan en la Tabla 1.11.

Tabla 1.11. Características de Cloud Computing.

Características Cloud Computing	Detalle
<i>Fácil Administración</i>	La infraestructura de hardware y software se simplifica, el uso de las aplicaciones con gran capacidad de almacenamiento se hace más fáciles de usar en la nube, y al usuario la conectividad a través de la Internet se simplifica con el uso de navegadores.

Servicios Ininterrumpidos	En Cloud Computing los servicios tienen menos cortes lo que hace que los mismos sean más confiables en relación con la infraestructura que se encuentra instalada dentro de la organización.
Gestión de Desastres	Disponer de una copia de seguridad de los datos importantes es muy útil y más aún si esta se encuentra almacenada en la nube, lo que garantiza una recuperación de desastres en menor tiempo.
Green Computing	Los residuos electrónicos por el alto consumo de energía es una gran desventaja de los sistemas informáticos actuales y la computación en la nube reduce estos servicios y ayuda en la preservación del medio ambiente.

A continuación, en el Tabla 1.12 se describen algunos de los retos [38] y barreras que se presentan en Cloud Computing.

Tabla 1.12. Retos de Cloud Computing [38].

Retos Cloud Computing	Detalle
Conectividad	La conectividad depende del ancho de banda.
Privacidad de los datos	Al encontrarse los datos en cualquier lugar, aumentan su peligro y puede convertirse en un problema legal, debido a que algunos países obligan a que determinado dato se encuentre dentro del mismo territorio, pero una manera de solucionar este inconveniente son las técnicas de autenticación, también está la autorización por parte del proveedor y del cliente para que puedan acceder a los datos y aplicaciones relevantes.
Seguridad	Ante amenazas externas y corrupción de datos; por lo que los proveedores deben garantizar transparencia, confianza y realización de auditorías de los sistemas informáticos.
Licencias de Software	Compatibilidad de software licenciado con el software en la nube.

Interoperabilidad	El proveedor debe garantizar la interoperabilidad entre los servicios, aunque no haya estándares definidos, lo cual representa un gran riesgo para el proveedor.
SLA	Es el cumplimiento de acuerdos a nivel de servicios y a aspectos legales; dentro de los SLA están contemplados el <i>Marco Contractual</i> , que es necesario para asegurar los niveles de servicio adecuados, <i>Marco Regulatorio</i> , aplicado al procesamiento de los datos; y la <i>Ley Aplicable</i> , a la organización de los servicios <i>Cloud</i> y al modo en que los estados pueden acceder a la información por motivos de seguridad.
Aplicaciones	Las aplicaciones en la nube deben estar diseñadas para ser divididas en múltiples servidores.
Migración	El proceso de migración es complicado.
Latencia	El acceso a la nube mediante Internet incluye latencia en la comunicación entre el usuario y el proveedor.
Lenguaje y Plataformas	Algunos proveedores restringen el uso de plataformas en determinados idiomas.

La seguridad sigue siendo el principal reto al momento de adoptar el Cloud Computing, debido a que muchas veces se manipulan datos confidenciales, sin embargo, la seguridad puede ser mejor porque los proveedores tienen la capacidad de dedicar recursos [40] para resolver problemas de seguridad.

Para reducir estos riesgos es importante que el proveedor disponga de medidas de seguridad para el usuario, acceso y auditoría de datos, localización de datos almacenados, tiempos de caídas del servicio y recuperación de desastres [36].

En la Figura 1.6 se muestra los niveles de los modelos de servicio de una *Cloud Computing* en función de los servicios prestados descritos en [38].

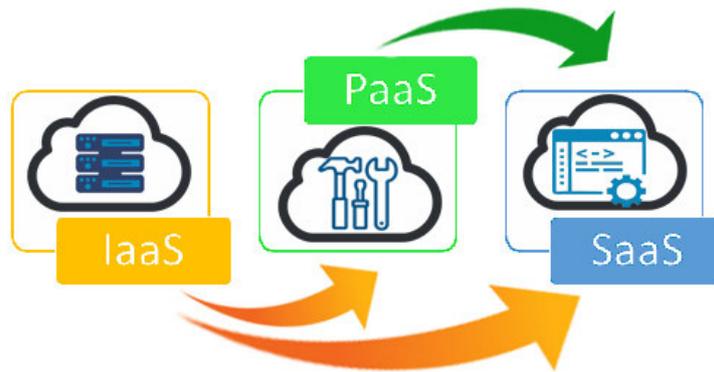


Figura 1.6. Niveles de una Cloud Computing.

- El nivel de Software como Servicio o **Software as a Service (SaaS)**: se refiere a las aplicaciones que se ejecutan en una infraestructura de nube y son accesibles remotamente por los usuarios desde cualquier dispositivo mediante Internet. El usuario no administra, ni controla la infraestructura de la nube del proveedor; el acceso a las aplicaciones es remota mediante la conexión a Internet. En este modelo el proveedor es el encargado de mantener el software y hardware en óptimas condiciones eliminando la necesidad de instalar y ejecutar aplicaciones en los sistemas de los usuarios.
- El modelo de Plataforma como Servicio o **Plataform as a Service (PaaS)**: el proveedor es el encargado de dar soluciones a los clientes, para albergar sistemas operativos y aplicaciones, proporcionando una plataforma informática en la estructura de la nube para el desarrollo de los sistemas mediante el acceso por un navegador web; facilitando el desarrollo y pruebas de estos con herramientas existentes en el *Cloud* sin la necesidad de que el cliente compre e instale el hardware y software.
- El modelo de Infraestructura como Servicio o **Infraestructure as a Service (IaaS)**: está compuesto por una distribución propia de la infraestructura que brinda un servicio para proporcionar procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos para la implementación y ejecución de cualquier software. El usuario no necesita comprar servidores, centro de datos o recursos de red, tampoco administra, ni controla la infraestructura de la nube, pero tiene el control de los sistemas operativos, almacenamiento, aplicaciones y control limitado de los componentes de red, y solo pagar por el tiempo que usa el servicio.

Completando la estructura de un servicio *Cloud Computing* están las capas del Cliente y del Servidor, donde el *Cliente*, puede ser el hardware o software de un computador para entregar las aplicaciones o entregar servicios en la nube. Y el *servidor*, es el hardware y software característico de un computador requerido para entregar los servicios que brinda *Cloud Computing*, los cuales son de pago por uso y hacen que esta tecnología sea atractiva para empresas o instituciones que no puedan comprar, instalar y mantener sus servicios.

Para implementar una solución en *Cloud Computing* se dispone de tres categorías principales en los modelos de despliegue de la infraestructura y servicios, mismos que son:

- **Nube Privada:** La operación de la infraestructura es gestionada por una organización teniendo como ventaja principal la gestión más fácil de la seguridad, mantenimiento y actualizaciones de sus servicios, logrando con ello mayor control del despliegue y uso. Los recursos y aplicaciones al ser gestionados por la organización mejoran la seguridad.
- **Nube Pública:** Aquí la infraestructura es administrada por un proveedor que ofrece servicios al público en general, siendo su acceso a través de navegadores web y pagando únicamente por lo que usa, reduciendo costos de operación de TI; este tipo de despliegue es menos segura con relación a los otros modelos de nubes, lo que hace que la nube pública sea más propensa a ataques maliciosos. Una solución a la inseguridad de este tipo de nube es la validación tanto en la parte del proveedor como del cliente.
- **Nube Híbrida:** Es la combinación de dos o más nubes que pueden ser privadas, compartidas o públicas, mismas que comparten datos o aplicaciones, vinculándose a uno o más servicios en la nube; esta también es una forma más segura de controlar los datos y las aplicaciones, permitiendo acceder a la información a través de Internet, satisfaciendo a las necesidades de la organización de la nube privada y en caso de producirse alguna necesidad pedir recursos a la nube pública.

Como categoría opcional está la **Nube Comunitaria**, organizada para un propósito en común de varias organizaciones; la infraestructura de esta nube puede ser alojada por otro proveedor o podría estar dentro de una de las organizaciones que conforman la comunidad.

En la actualidad se habla y usa el modelo de despliegue **Nube Móvil**, haciendo referencia a un modelo de procesamiento realizado en la nube mismo [39]. El acceso a los datos almacenados en la nube se lo realiza a través de dispositivos móviles, refiriéndose con mayor determinación a los teléfonos inteligentes (*Smartphones*) y las tabletas, requiriendo de una conexión fiable y de gran velocidad (4G).

Dentro de *Cloud Computing* se definen ocho atributos que son disponibilidad, colaboración, elasticidad, menor costo de infraestructura, movilidad, reducción de riesgo, escalabilidad y virtualización que son utilizados para la adopción de *Cloud Computing* definidos en la Tabla 1.13.

Tabla 1.13. Atributos de Cloud Computing [40].

Atributos	Descripción
Disponibilidad	Los usuarios pueden acceder a los servicios en cualquier momento mediante una conexión de Internet y a través de cualquier dispositivo.
Colaboración	Es posible trabajar en equipo de manera simultánea y utilizando los mismos datos.
Elasticidad	Los recursos del usuario son utilizados de manera transparente por el proveedor.
Menor costo de infraestructura	El usuario paga por los recursos que utiliza, la infraestructura física no es necesario adquirirla y no tiene costo de mantenimiento.
Movilidad	Los usuarios acceden a sus datos y aplicaciones desde cualquier lugar.
Reducción de riesgos	La nube permite probar ideas antes de realizar la inversión.
Escalabilidad	El rendimiento puede ser monitoreado y los recursos se escalan de acuerdo con la demanda por uso de los usuarios.
Virtualización	El usuario dispone de una vista única de los recursos disponible, independientemente de cómo estén organizados los recursos físicos.

b. *Big Data*

Big Data es una tecnología disruptiva de alta capacidad de análisis que permite trabajar con grandes volúmenes de datos para realizar análisis que faciliten la gestión, toma de decisiones y reducir riesgos, explotando la información existente e integrando más y diversas fuentes de datos y alcanzar los objetivos deseados en entornos económicos, sociales, medioambientales, etc.

Los datos deben ser concebidos como uno de los principales fenómenos en la actualidad, ya que son el nuevo recurso natural a nivel mundial que crece espontáneamente, no solo en cantidad sino también en formato. Toda acción e interacción, toda decisión y relación, todo evento que ocurre en cualquiera de los sistemas complejos del mundo ya sean naturales o creados por el hombre, ahora son expresados mediante datos.

Es así, que la cantidad de información que se genera a escala mundial ha posicionado a las plataformas cognitivas y analíticas como una solución clave para que las compañías tengan mayor participación en el mercado y obtengan un verdadero diferencial competitivo.

En *Big Data* se utiliza todo tipo de información como transacciones monetarias, tweets⁷, datos obtenidos por sensores, secuencia de *clicks*, video y audio [41]; lo que hace que existan dos tipos de datos que son los datos estructurados y los datos no estructurados, siendo que los datos estructurados tienen etiquetas y están clasificados, a diferencia de los no estructurados que son aleatorios lo que los hace más difícil de analizar.

La infraestructura física para *Big Data* debe ser robusta y se basa en un modelo distribuido, lo que significa que los datos pueden ser almacenados en diferentes lugares, permitiéndoles ser analizados y vinculados a través de la red.

La redundancia de los datos es muy importante en una empresa debido a que manejan un mayor volumen de datos los mismos deben estar seguros, para lo cual la empresa verifica la identidad de los usuarios. Esta redundancia puede prestarse como un servicio *SaaS*, permitiendo a las empresas realizar un análisis más avanzado de sus datos, teniendo como resultado un inicio más rápido a un bajo costo.

Dentro de los retos que la tecnología *Big Data* debe afrontar están: la captura de los datos desde las diferentes fuentes de información, el almacenamiento de los datos en

⁷ Tweets, publicaciones en las redes sociales de máximo 140 caracteres y pueden contener *hashtags*.

los servidores, la búsqueda y selección de la mejor información, compartir los datos recopilados a los diferentes servicios, la forma de transferir los datos a los servidores y servicios siguiendo mecanismos y protocolos de seguridad, analizar los datos obtenidos para obtener respuestas lo más exactas posibles para la toma de decisiones; y finalmente, la visualización de los mismos al usuario final.

El Gerente del BID [42] detalla ocho áreas de impacto con mayor uso de la analítica de datos listados en la Tabla 1.14.

Tabla 1.14. Áreas de Impacto en la Analítica de Datos.

Áreas de Impacto en Analítica de Datos	Descripción
Seguridad pública	Es posible determinar donde se está presentando alguna situación de emergencia.
Planeamiento urbano	Es posible planificar el crecimiento urbano.
Transporte	Ayuda a planificar y gestionar la movilización de vehículos y personas
Resiliencia	Permite que las ciudades se encuentren preparadas ante situaciones de desastres naturales y/o planificados mediante una gestión proactiva de riesgos.
Sustentabilidad	Gestiona de mejora manera los recursos.
Gasto eficiente	Permite determinar las necesidades prioritarias.
Participación ciudadana	La contribución de los ciudadanos facilita a gobernantes conocer las necesidades de los ciudadanos y solucionar los requerimientos.
Detección de fraudes	Es posible evitar fraudes cibernéticos o determinar amenazas.

Big Data llega a convertirse en la tecnología primordial en compañías como *Google*, *Yahoo* y *Facebook*, las cuales se dieron cuenta que la necesitaban para monitorizar grandes cantidades de datos, y así recolectar, almacenar, gestionar, acceder y analizar una inmensa cantidad de datos a la velocidad y en el momento adecuado.

El análisis de los datos y la presentación de estos se caracterizan por el modelo multi V [43] conocido por tener las cuatro V's detalladas en la Tabla 1.15.

Tabla 1.15. Característica Big Data 4 V's.

Volumen	Velocidad	Variedad	Veracidad
Recepción de grandes cantidades de datos.	Analiza y entrega información a mayor velocidad.	Datos estructurados; Comportamientos aleatorios.	Validación de datos desorganizados (redes sociales).

El **Volumen** de los datos es la característica más importante y distintiva de *Big Data*, misma que hace referencia a la cantidad infinita de datos disponibles de todo tipo que sean recopilados, son analizados y utilizados para la toma de decisiones.

La **Velocidad** es el tiempo en el que *Big Data* genera y transmite los datos maximizando su eficiencia y entregando rápidas respuestas; actuando así y casi de manera inmediata para detectar posibles fraudes; la velocidad está en constante aumento.

En la **Variedad** se hace referencia a los tipos de datos, sean estos estructurados y no estructurados, anteriormente descritos, pero debido a que los datos son obtenidos de diferentes fuentes, la mayoría de la información recopilada son datos no estructurados [44].

La **Veracidad** de los datos se refiere a la integridad y exactitud de los mismos [44], es decir, es el grado de confianza de la información obtenida para tomar decisiones, siendo este un gran desafío por la cantidad y tipo existente de fuentes de información; los datos no estructurados son más probables de tener menos veracidad.

Dentro de las características de las 4V's está también el **Valor**, el cual mide la utilidad de los datos, mismo que dependerá del valor agregado que debe ser obtenido y analizado con técnicas de resultados, mediante el proceso de análisis que puede ser probabilístico, estocástico o aleatorio. El valor de los datos está estrechamente relacionado con la variedad y el volumen de los mismos.

El desafío que presenta *Big Data* el encontrarse todavía en proceso de evolución puede dividirse en dos categorías que son la **ingeniería** y la **semántica**. Dentro de la ingeniería esta la **gestión** y el **almacenamiento** eficiente de los datos, y dentro del desafío semántico está la **determinación del significado** de la información. Adicional

a estos desafíos están, el alto volumen de procesamiento de los datos utilizando baja potencia, técnicas para analizar datos en tiempo real, minería de datos (almacenamiento de datos escalables que proporcionen eficiencia), seguridad y privacidad de los datos que se encuentren en la nube, optimización de consultas, aproximación de resultados y exploración de datos para un profundo análisis [41].

c. *Open Data*

Los datos, por su gran cantidad y enorme potencial para ofrecer mejoras en el futuro se consideran como un gran atractivo y constituyen una fuente de riqueza para el futuro teniendo a *Big Data* como herramienta, misma que mediante el análisis permitirá identificar patrones, descubrir ineficiencias e incluso predecir eventos futuros [45] que permitan mejorar la eficiencia en la prestación de servicios.

La gestión adecuada de todos los datos que se producen día a día en una ciudad y a través de un buen tratamiento, pueden convertirse en clave principal para que las administraciones entiendan lo que pasa en la ciudad y así atender a las demandas de sus habitantes; además, de tomar las decisiones más adecuadas para garantizar su optima gestión de recursos.

El objetivo de los Datos Abiertos u *Open Data* es el de garantizar que la información se exponga al público en formatos abiertos y sin restricciones para que puedan acceder a ellos, reutilizados y redistribuidos de manera fácil.

Las características consideradas de mayor relevancia en *Open Data* son:

- **Disponibilidad y acceso:** información disponible a bajo costo (en lo posible descargarse del internet) y que permita modificación.
- **Reutilización y redistribución:** términos que permiten que los datos sean reutilizados y redistribuidos, e integrarlos en otros datos.
- **Participación universal:** restricciones para uso comercial o ciertos propósitos; preferible usar los datos en el ámbito académico.
- **Interoperabilidad:** combinar diferentes bases de datos o conjunto de datos para desarrollar mejores servicios y productos.

1.4.2.4 Internet de las Cosas (IoT - Internet of Things)

IoT es considerada como la cuarta fase de la transformación digital, y todo el avance tecnológico en: redes de sensores y actuadores, GPS⁸ (*Sistema de Posicionamiento Global*), RFID (*Radio Frequency Identification*) e Internet, lo cual hace pensar que las nuevas tendencias tendrán gran impacto en las *Smart City* generando hiperconectividad con más de 50.000 millones de dispositivos conectados (2,7% de las cosas en el mundo conectadas) estimado por Cisco [46]. Todo esto debido al incremento exponencial en la capacidad de conexión de los dispositivos, considerando que desde el 2012 se cuenta con 8.700 millones de dispositivos conectados (correspondiente al 0,6% de las cosas) y que se incrementó en el 2013 a 10.000 millones en todo el mundo; denominándose así a esta conectividad como *Internet de las Cosas (IoT)*.

La tecnología RFID se encarga del diseño de microchips [47] para la comunicación de los datos de manera inalámbrica. También identifica toda la información de un objeto mediante la lectura de su código de barras electrónico de manera sofisticada. Las etiquetas de Identificación por radiofrecuencia se componen de: un *transpondedor*⁹ [48], mismo que posee un microchip y una antena, y un *lector*, para activar y obtener la información almacenada; por lo tanto, estas etiquetas guardan y transmiten los datos vía radio mediante una antena hacia un dispositivo. Sin embargo, esta tecnología no es suficiente para los objetivos dentro de IoT ya que necesita que los objetos sean capaces de comunicarse unos con otros.

La conectividad del IoT consiste en que todos los objetos tengan conexión a Internet y que puedan ser monitoreados en cualquier momento y desde cualquier lugar; también, es la integración de los dispositivos y sensores en los objetos comunes que puedan conectarse a Internet por medio de redes fijas o inalámbricas. La creciente presencia del Internet mediante el acceso por WiFi y la tecnología móvil 4G-LTE hace que esta tecnología sea factible; y la identificación de los objetos (cosas) es fundamental para el avance de IoT, permitiendo identificar y controlar millones de dispositivos mediante Internet, haciendo a los objetos capaces de conectarse de manera individual, identificar la ubicación y sus funcionalidades.

El protocolo IPv4 con 2^{32} bits equivalente a 4.294 millones de direcciones IP, mismas que según Cisco [49] no son suficientes. Por esta razón, el protocolo IPv6 es una

⁸GPS, conjunto de satélites que permiten determinar la posición de un objeto.

⁹*Transpondedor*, dispositivo para la transmisión y receptor de información.

pequeña solución para la identificación de los objetos con 2^{128} bits equivalente a 34084x1038 direcciones IP que permiten la identificación de un grupo de sensores; además, debe considerarse el tipo de nodos, tipo de datos, las operaciones concurrentes y el flujo de datos. Es por eso, que el agotamiento de las direcciones IP crean la necesidad de la transición a IPv6 y más aún para IoT.

A pesar de que TCP/IP utiliza un mecanismo de enrutamiento confiable y eficiente entre el origen y el destino, en IoT se genera un cuello de botella entre la interfaz de la puerta de enlace y los dispositivos. La conexión de redes adicionales y de dispositivos no debe reducir el rendimiento de la red, ni el funcionamiento efectivo de los dispositivos a través de la interfaz del usuario, y mucho menos la confiabilidad de los datos que pasan por la red.

Los obstáculos que pueden retrasar el desarrollo de la tecnología IoT son la implementación de la dirección IPv6, la energía de los sensores [50] y la definición de estándares.

Uno de los grandes retos que enfrenta IoT son los requisitos de seguridad que debe cumplir un objeto inteligente como es la confidencialidad de los datos almacenados y enviados, la integridad de la información y la protección de datos ante posibles fraudes [48].

La tecnología IoT implica que todos los objetos conectados pueden ser fuente de datos e información, transformando la manera de comunicarse, hacer negocios y prestar servicios lo cual incluye una conexión **M2M** (*machine to machine*); teniendo como desafío integrar en la gestión de las ciudades inteligentes con diferentes soluciones, permitiendo a las personas, empresas y gobiernos recopilar datos de todo tipo, para analizarlos y tomar las mejores decisiones y así mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

a. *M2M (Machine to Machine)*

Este tipo de comunicación se convierte en la tecnología básica para *IoT*, permitiendo el intercambio de información entre sistemas inteligentes.

La comunicación entre máquinas M2M es de gran beneficio y utilidad porque se puede crear aplicaciones inteligentes y más autónomas, potenciando las capacidades de los dispositivos a conectarse.

Las características de M2M son definidas en base a los requerimientos de la red para la interconexión de los componentes y de las aplicaciones [51], las cuales se detallan en la Tabla 1.16.

Tabla 1.16. Características M2M.

Característica	Detalle
Multitud	El incremento de la cantidad de dispositivos conectados y por conectarse en la actualidad limita la escalabilidad debido al diseño con el que se crearon, lo que restringe a las redes para transportar el tráfico y generan presión a las aplicaciones encargadas de procesar gran cantidad de datos.
Variedad	La gran variedad de dispositivos y aplicaciones para los diferentes servicios generan mayor diversidad de requisitos para el intercambio de datos y el procesamiento de la comunicación; esto genera un gran reto de M2M, el cual es la heterogeneidad de los componentes, debido al alto grado de interoperabilidad y estandarización de las redes y sus aplicaciones.
Invisibilidad	Los dispositivos deben de tener una intervención humana casi nula para que las aplicaciones gestionen de mejor manera la red y las aplicaciones.
Importancia	La seguridad de la infraestructura, aplicaciones e información de los usuarios es de suma importancia.
Intrusismo	Otro reto considerable en M2M es la privacidad de los datos de los usuarios debido a que la información puede ser personal y delicada.

Además, los dispositivos que soportan las capacidades de M2M también tienen algunas características para su funcionamiento, mismas que se citan en la Tabla 1.17 [51].

Tabla 1.17. Características de los Dispositivos de M2M.

Características	Detalle
Funcionalidad Limitada	Dispositivos con baja capacidad de procesamiento, en ocasiones menor capacidad a la de un Smartphone.
Bajo consumo	Dispositivos no conectados a una fuente de alimentación fija por encontrarse ubicados al aire libre.
Embebidos	Dispositivos desplegados con condiciones específicas para el funcionamiento, lo que genera grandes dificultades en los sistemas sin que genere impacto en el mismo.
Ciclo de Vida	Garantizar el mayor tiempo de vida de los dispositivos desplegados.

Los elementos de M2M se basan en una estructura de cinco partes compuestas por:

- **Dispositivos:** los cuales son capaces de recolectar, recibir y enviar información;
- **Gateway:** que es el intermediario entre la conexión del dispositivo y la red; también se encarga de seleccionar la mejor ruta para enviar la información y que el tráfico sea gestionado de la mejor manera;
- **Red core M2M:** conformada por dispositivos inteligentes y por *Gateway*. Como ejemplos dentro de esta tecnología están WiFi y Zigbee;
- **Redes de Comunicaciones:** las cuales logran la comunicación entre los *Gateways* y las aplicaciones, como ejemplos están la tecnología GPRS, 3G y WiMAX; y
- **Aplicaciones M2M:** encargadas del procesamiento, análisis y reporte de la información que ha sido entregada por los dispositivos para la prestación de los servicios a los usuarios; estas aplicaciones permiten una comunicación bidireccional.

Para el funcionamiento de la tecnología M2M existen cuatro etapas básicas [51] mismas que son mencionadas en la Tabla 1.18.

Tabla 1.18. Etapas de Funcionamiento en M2M.

Etapas de funcionamiento	
Etapa 1. Recolección de datos; información obtenida de diferentes fuentes dependiendo de la aplicación y servicios.	Etapa 2. Transmisión de datos mediante la red; verifica el tráfico generado durante la transmisión de los datos desde el dispositivo hasta la aplicación del usuario y viceversa.
Etapa 3. Valoración de los datos; datos almacenados y evaluados en el centro de control.	Etapa 4. Respuesta de información; se generan respuesta de confirmación de la información o puede generarse respuestas de información o alerta.

b. Protocolos IoT

La tecnología IoT puede aplicarse en varios ámbitos, proporcionando de manera ilimitada aplicaciones y servicios; además de que se adapta a muchos campos de la vida humana facilitando y mejorando su calidad de vida en múltiples formas como es [52]: hogar, ciudades, automotores, servicios específicos en el cuidado de la salud, educación, seguridad, transporte y logística, agricultura y ganadería, industria y comercio, medio ambiente y en la integración de sistemas [53].

La principal ventaja y beneficio que presenta IoT es la creación de servicios innovadores a bajos costos, así mismo, a la red IoT, se la puede considerar como la red de redes por que conecta varias redes individuales utilizando sistemas de seguridad y realizando la recolección, análisis y gestión de datos [50].

Además, IoT se caracteriza por la interconectividad, misma que permite la compatibilidad y el acceso a la infraestructura; los servicios relacionados a los objetos conectados, la heterogeneidad de los dispositivos, el cambio de estado de los dispositivos (conectado, activo, desconectado, etc), y la escalabilidad por el gran crecimiento de los dispositivos que se conectarán [54].

No existe una arquitectura definida para IoT, pero varios autores coinciden en que la misma está compuesta por mínimo tres capas (capa de percepción o detección, de red y de aplicación) [55] y como máximo cinco capas de acuerdo a la infraestructura que se desee plantear.

- **La capa de percepción o detección:** permite la interconexión de los objetos encontrados con requisitos mínimos en su capacidad.
- **La capa de red:** transporta el tráfico de los dispositivos permitiendo la integración, conexión y transferencia de información en las comunicaciones establecidas.
- **La capa de aplicación:** permite al usuario interactuar con las aplicaciones que están dentro del entorno IoT tanto físicos como virtuales (redes sociales, noticias y blogs).

En [52] se determinan cuatro capas en la arquitectura IoT similar a la estructura de cinco capas descritas en el proyecto de monografía [56] mostrados en la Tabla 1.19.

Tabla 1.19. Capas de la Arquitectura IoT.

ARQUITECTURA IoT		
Capas	Funcionamiento	Componentes
Capa de detección	Sensores, objetos físicos y obtención de datos.	Objetos Conectados
Capa de Intercambio de datos	Transmisión de datos a través de la red, estas redes pueden ser 3G, LAN, <i>Bluetooth</i> , RFID y NFC	Tecnologías de Red
Capa de integración de la información	Procesamiento de información, filtrado de datos no deseados e integración de información principal para los servicios y los usuarios finales	Protocolos de comunicación
Capa de servicio de aplicación	Tratamiento inteligente de los datos	Plataforma IoT
Capa de Aplicaciones de usuario	Dar servicio de contenido a los usuarios	Aplicaciones

En la Figura 1.7 se muestra la Arquitectura IoT descrita por Roby Nelson Londoño Ortiz [56].

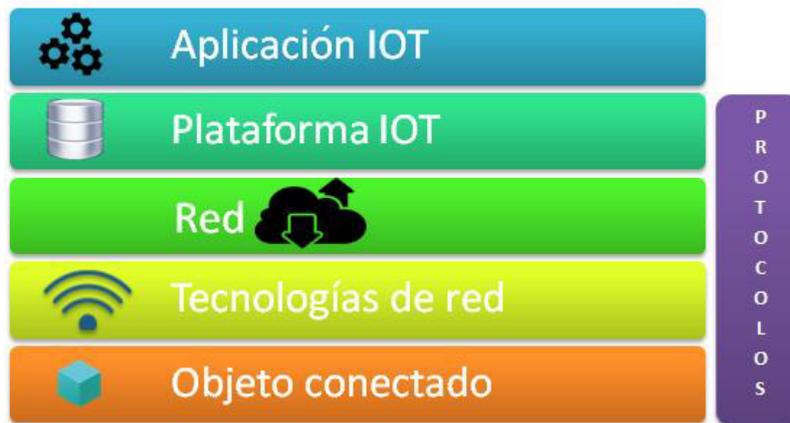


Figura 1.7. Arquitectura IoT.

La implementación del IoT es un proceso de grandes consideraciones y que debe ir superando algunos obstáculos y desafíos, que únicamente no es la limitación tecnológica, sino también, trabajar en el desarrollo para mejorar los sensores en la potencia, precisión, tamaño y costo. El costo de implementación de esta tecnología todavía es elevado. La utilización del protocolo de Internet IPv6 para asignación de direcciones IP en los dispositivos proporciona la identificación y ubicación de los equipos en la red y la ruta de tráfico a seguir a través de Internet [52]; son algunos de los retos a ser considerados. Además, la conexión de todos los dispositivos generará un aumento de tráfico en la red para enviar y recibir paquetes, y los ISP deberán ajustarse a esta necesidad [53]. Finalmente, el reto más importante en *IoT* es la seguridad de la información (datos autenticados) y la privacidad de los usuarios.

Lograr la conexión de todo y mejorar la calidad de vida de las personas es el objetivo principal del IoT, lo cual ya no es una visión a futuro sino una realidad que se va consolidando poco a poco, generando nuevas maneras de acceso a los datos.

1.4.2.5 Redes de Banda Ancha, Telefonía Móvil y sus Aplicaciones

La evolución sorprendente de los equipos móviles hace posible que hoy en día puedan utilizarse en la vida cotidiana. Son minicomputadores poderosos con conexiones rápidas a internet, alta calidad en las cámaras de fotografía y video, y sensores sofisticados que incluyen GPS, Wi-Fi, NFC (*Near Field Communication*), *bluetooth*, brújula, micrófono, sensor de iluminación [11].

Además, los nuevos diseños permiten incorporar en el mismo tamaño de dispositivo mayores prestaciones, permitiendo construir ordenadores cada vez más pequeños y

ligeros facilitando la portabilidad de los mismos; con lo cual existe mayor oferta en modelos y diseños de equipos a un reducido costo.

Al tener a disposición las redes de comunicaciones con altas velocidades se logra independizar la ubicación de la información del lugar donde es utilizada, permitiendo la creación de grandes centros de datos. Con esta evolución de la tecnología y dispositivos móviles, es posible la inserción de nuevas posibilidades tanto personales como empresariales; como por ejemplo la oficina móvil.

En la actualidad, la telefonía celular está compuesta por tres tipos de redes: 2G (voz digital), 3G (voz y datos) y 4G.

América Latina es el cuarto mercado mundial de telefonía móvil, según datos de la *GSMA Association Latin America* [43] con conexiones 3G y 4G, favoreciendo las ofertas móviles.

La tecnología **2G** o **GSM** (*Global System for Mobile Communications*) es un estándar especificado por la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) [58] compuesto de tres bloques, los cuales son:

- **MS** (*Mobile Station*),
- **BSS** (*Base Station Subsystems*) y
- **NSS** (*Network and Switching Subsystem*),

Donde, la *Estación Móvil* (**MS**) establece la conexión entre el Sistema de red GSM y el usuario para que este pueda acceder a los servicios que proporcionados por la red mediante una interfaz de aire o enlace por radio. Esta estación está compuesta por el equipo móvil (**ME**) y por la tarjeta **SIM** (*Subscriber Identity Module*), la cual tiene capacidades de almacenamiento desde los 2 KB hasta los 512 KB. La **MS** entra en funcionamiento hasta que la red sea configurada y personalizada mediante la tarjeta **SIM**, inicializando así la conexión con la red mediante la sintonización de frecuencias y con la cobertura de las estaciones base dependiendo del lugar. Las estaciones móviles también, proporcionan una interfaz al usuario (pantalla, micrófono, auriculares y teclados) para la gestión de llamadas y realizan las funciones de procesamiento de voz (conversión analógica/digital y viceversa) adaptándose a las interfaces y velocidades emitidas por la señal de datos. En GSM tanto la **SIM** como las **MS** son considerados individualmente, y como tecnología de acceso a la interfaz de radio se usa **FDMA** (*Frequency Division Multiple Access*) y **TDMA** (*Time Division Multiple Access*) [59].

El Subsistema de la Estación Base (**BSS**) es el encargado de conectar la estación móvil con el subsistema de conmutación de red y, mantiene conexión directa con las estaciones móviles mediante la interfaz de radio. El BSS está compuesto por un **BSC** (*Base Station Controller*), el cual establece la conexión entre la estación móvil y la red del subsistema para gestionar la movilidad; además de un **BTS** (*Base Transceiver Station*), el cual dispone de dispositivos transmisores y receptores de radio, de antenas ubicadas en lo más alto de las torres para tener mejor cobertura y es el encargado de procesar las señales a la interfaz de radio. Y por último un **TRAU** (*Transcoder Rate Adapter Unit*), que es un componente importante que realiza la codificación/decodificación de la voz y de la adaptación de las velocidades para la transmisión de los datos.

El Subsistema de Conmutación de Red (**NSS**) es el encargado de portar y administrar las comunicaciones entre teléfonos móviles y la red Conmutada de Telefonía Pública (**PSTN**) en una red GSM, permitiendo a los teléfonos móviles mantener la conexión entre ellos dentro y fuera de su propia red.

Para llegar a la tecnología **3G – UMTS** (*Universal Mobile Telecommunications System*), y solventar las deficiencias de la tecnología 2G [60], GSM evolucionó con la tecnología **EDGE** (*Enhanced Data for Global Evolution*) que introdujo una nueva unidad de control de paquetes, la cual aumento la capacidad de transmisión de los datos sobre el enlace de red GSM. 3G es conocida también como la tercera generación para la transmisión de datos y voz mediante la telefonía móvil haciendo uso del **UMTS**. El acceso en UMTS se la realiza por la interfaz de radio **WCDMA** (*Wideband Code Division Multiple Access*) la cual expande la señal en frecuencias mediante un código de ensanchado que lo conoce tanto el emisor como el receptor.

La tecnología de la tercera generación 3G, permite la convergencia de la voz y datos mediante el acceso inalámbrico a la red Internet [61]; lo cual hace posible realizar a más de una llamada telefónica, una video llamada, descargar programas, transmitir contenido multimedia, enviar mensajes audiovisuales de manera instantánea y enviar correos electrónicos con mayor velocidad de transmisión, teóricamente a 2 Mb/s de descarga [62]. Basándose en el Protocolo IP de Internet y con la llegada de esta tecnología, los equipos y la arquitectura de red tuvieron que ser rediseñados para que sean compatibles [60]. 3G sigue teniendo como limitante la capacidad de radio y las bandas de frecuencia para el tráfico generado por los usuarios

Para diseñar las redes 3G, se tomaron en cuenta las siguientes características, mismas que están detalladas en la Tabla 1.20.

Tabla 1.20. Características de Redes 3G.

Característica	Detalle
Incrementar la capacidad del sistema de radio	Las redes 3G deben soportar tasas de datos de hasta 144 kbps para usuarios en vehículos, 384 kbps para peatones y hasta 2Mbps para usuarios fijos
Servicio de datos voz basados en IP	Diseñar las redes para que no exista ninguna barrera de comunicación entre los usuarios que acceden a internet y sus servicios por medio de las redes 3G.
Mejoras al soporte de calidad de servicio (QoS)	Proveer mayor soporte a QoS, ya que las redes 3G proveen servicios de datos voz y video en tiempo real.
Mejorar la interoperabilidad	Brindar la interoperabilidad entre los sistemas 2G y 3G para procesos de roaming entre diferentes operadores de servicio.

La evolución de 3G se enfoca en la modulación y codificación para la transmisión. Además de unificar los sistemas utilizados por los clientes y lograr ofrecer un servicio estable desde el equipo móvil independientemente de la ubicación del usuario a través del aumento en la velocidad de transmisión.

La tecnología **4G – LTE** (*Cuarta Generación - Long Term Evolution*) de servicios móviles definido por la UIT¹⁰ [60], permite la transmisión de datos de banda ancha inalámbrica; y además permite realizar VoIP. Esta tecnología es la evolución de 3G que mediante la integración de varias tecnologías y protocolos obtiene el máximo rendimiento de procesamiento [62]. En LTE no se necesitan canales dedicados para la conexión por que la estación base informa al usuario de la necesidad de los recursos para la conexión, manteniendo un servicio punto a punto con 100 Mbps para descarga y 50 Mbps para subida con un ancho de banda de 20 MHz de alta seguridad con cualquier servicio en cualquier momento y a un bajo costo. Para [62], el objetivo de LTE es “*garantizar la calidad de servicio y cumplir con los requisitos mínimos para la transmisión de servicios con mensajería multimedia, video, chat, TV móvil o servicios de voz y datos desde cualquier lugar y en cualquier momento*”.

¹⁰UIT, autoridad internacional que establece criterios de tecnologías inalámbricas posteriores a 3G.

LTE utiliza la interfaz radioeléctrica que se basa en OFDMA y en la Tabla 1.21 se detallan dichas características.

Tabla 1.21. Características de LTE.

Característica	Descripción
Baja latencia	Los tiempos de latencia menores permiten reducir los tiempos de acceso a un servicio y la respuesta que da la red ante una solicitud.
Ancho de banda adaptativo	De acuerdo con los servicios requeridos por el usuario, el ancho de banda varía entre 1Mhz y 20 MHz [63].
Compatibilidad con 3G	Debido a la convergencia de las tecnologías anteriores.
Utilización de múltiples antenas	Principalmente por el uso de dos antenas para transmisión y recepción en la estación base.
Obtención de datos de altas tasa mediante el método MIMO (Multiple Input – Multiple Output)	Este sistema ofrece tablas de transmisión de datos y las antenas de transmisión disponibles transmiten simultáneamente cadenas de datos independientes al mismo recurso de radio.
Velocidad diferente para transmisión (tx) y recepción (rx)	Capaz de alcanzar velocidades de tráfico para downlink de 100 Mbps mediante el método de transmisión OFDMA (<i>Orthogonal Frequency División Multiple Access</i>) y uplinkde 50 Mps mediante el método de transmisión SC-FDMA (<i>Single Carrier Frequency División Multiple Access</i>) [60].
Utiliza conmutación de paquetes.	

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (**UIT**), está trabajando en la tecnología de generación 5G, y la primera gran diferencia con la generación 4G de telefonía celular, es la frecuencia que utiliza. La UIT en febrero del año 2018 publicó el borrador que contiene las especificaciones del nuevo estándar en generación 5G, algunas de estas son: velocidades máximas de 20 Gbps de bajada y 10 Gbps de subida como

máximo y que, son divididas entre la cantidad total de usuarios conectados, llegando a registrar mínimos de 150 Mbps de bajada y 50 Mbps de subida considerando que los usuarios están en zonas de mayor concurrencia, y el alcance o número de conexiones simultáneas soportadas con 4 ms de latencia.

La tecnología 5G busca integrar de manera masiva todos los dispositivos con soporte para la implementación IoT permitiendo la interconexión de millones de dispositivos entre sí, optimizando el uso de energía y mejorando la calidad y tiempo de vida de las baterías de los dispositivos [64].

A continuación, en la Tabla 1.22, se detallan los beneficios más representativos de las redes de quinta generación 5G.

Tabla 1.22. Beneficios de Redes 5G.

Beneficio	Objetivo
Banda ancha de alta velocidad	Permitir velocidades en movilidad superiores a los 10 Mbps, con lo cual se obtiene contenido de alta definición
Comunicaciones de baja latencia	Obtener tiempos de respuesta de alrededor de 1ms a diferencia de los 2º ms de 4G
Comunicación masiva tipo M2M	Incrementar la capacidad de gestionar una mayor cantidad de conexiones simultáneas (Ej. Despliegue de sensores)

La revolución de la telefonía celular en la vida diaria ha sido enorme, ya que inicialmente fueron creados únicamente para voz, pero en la actualidad incluyen varios servicios como datos, video, audio, televisión IP móvil y demás aplicaciones que facilitan muchas actividades diarias.

Las aplicaciones móviles han evolucionado y se han extendido de forma imparable, desde su aparición en el 2008, gracias a su versatilidad y adaptabilidad, fácil manejo, rapidez en instalación y desinstalación y gratuidad de las mismas [65]; clasificándose en diferentes categorías tales como de entretenimiento, economía, hogar, educación, salud, etc. En la actualidad existen diversas aplicaciones móviles, centradas principalmente en el monitoreo del tráfico en la ciudad; entre las aplicaciones más conocidas en este ámbito esta *Waze* [66], que es una aplicación a nivel mundial que

funciona como sistema de posicionamiento global entregando información del tráfico, actualizada en tiempo real.

1.4.2.6 Redes Sociales

La interacción entre personas y empresas han cambiado su visión mediante la convergencia de las TICs, las cuales facilitan la comunicación desde cualquier lugar, utilizando cualquier dispositivo y estableciendo comunicaciones en cualquier momento.

La plataforma base para una red social es un sitio web en Internet, mediante el cual un usuario establece una conexión en línea con otros usuarios del mismo sitio, adicionalmente busca e invita a más usuarios creando así su red de contactos, con los cuales va a poder compartir diferentes tipos de información.

Las redes sociales, la movilidad, el *big data* y el *cloud computing* simplificadas en las iniciales SMAC (*Social, Mobile, Analytics y Cloud*) aplicadas a gran escala nos permitirán, en un futuro, que todo sea inteligente, incluyendo a una gran red de suministro de servicios básicos, de salud, de transporte y de gobierno, mismos que generan una sociedad colaborativa.

En la Figura 1.8 se muestra a los integrantes de las SMAC consideradas las palancas del cambio digital.



Figura 1.8. La Tecnología en la Actualidad, Integrantes SMAC.

Por ejemplo, en el ámbito **Social**, la red social Facebook, tuvo un incremento significativo desde el 2015 hasta la fecha, contando en la actualidad con más de 2.000 millones de cibernautas [67] que publican alrededor de 41 millones de post diarios. Por otro lado, se envían 278 mil *tuits* cada minuto en Twitter. Las redes sociales se han convertido en el primer acceso a Internet, teniendo así a Whatsapp, Viber y iMessage

(Apple) que representan el 80% del tráfico de mensajería. Hay que tomar en cuenta que más de un tercio de los minutos en llamadas internacionales (voz) son transmitidos por Skype [68].

En **Mobile**, la infraestructura móvil y el bajo costo para su acceso han permitido que Internet avance de manera más rápida, favoreciendo el crecimiento de las aplicaciones informáticas mediante la expansión del *wifi (red inalámbrica)* y la banda ancha móvil, a las cuales se acceda vía Internet mejorando así, la vida diaria de muchos usuarios.

En **Analytics**, se realiza un estudio eficiente de la información que se encuentra disponible, analizando grandes volúmenes de datos en tiempo real de forma ágil y en cortos tiempos de respuesta, para incrementar la información y el conocimiento mediante las aplicaciones de análisis de datos.

En lo que se refiere a **Cloud**, el usuario no necesita comprar hardware, software o infraestructura para usar una aplicación, ya que solo paga por lo que consume, y la misma puede ser utilizada desde cualquier lugar y a cualquier instante de tiempo sin restricciones, además Cloud no solo permite la reducción de costos, sino que también ayuda a que las personas utilicen las nuevas herramientas tecnológicas en un entorno *Smart*.

Las SMAC son consideradas como las palancas del cambio digital y generan una hiperconexión entre personas, máquinas y empresas, con nuevos modelos de relación y de creación de valor considerándolas como *“Las tendencias más importantes de la economía digital en la actualidad y configuran las principales palancas de cambio digital”* [1].

1.4.3 Conceptos de una Smart City

Inicialmente, una *Smart City* nace como una idea que se basa en una ciudad tecnológica, siendo la tecnología un elemento fundamental y el medio para llegar a ser una ciudad inteligente integrando a las personas en el proceso de transición. Adicionalmente, esta idea tiene como uno de sus objetivos la necesidad de racionalizar y optimizar, mediante el uso de tecnologías, los recursos naturales (agua, energía, infraestructura, etc.), mismos que están amenazados por la contaminación, sobreexplotación y congestión.

No existe concepto definido de *Smart City*, porque el mismo evoluciona a medida que los objetivos son identificados, considerando lo que se puede conseguir con la incorporación de las TIC's.

Una *Smart City* o *Ciudad Inteligente* es considerada como el espacio urbano de grandes infraestructuras, redes y plataformas inteligentes, con millones de sensores, actuadores y teléfonos móviles; que incluye también, a las personas en el centro del desarrollo, utilizando los avances tecnológicos como herramienta y permitiendo mejorar la calidad de vida y la economía local; además, proporciona información para brindar servicios adecuados a sus habitantes mediante la interacción con la tecnología, ofreciendo así sus servicios para promover un desarrollo integrado y sostenible que maximice el bienestar de sus habitantes y visitantes.

Con lo antes mencionado se puede indicar que una ciudad inteligente implica un nuevo estilo de vida, de gestionar, de conectar, de consumir y de disfrutar la ciudad; manteniendo el equilibrio con el medio ambiente y el consumo de los recursos naturales. Además de tener presente el concepto de eficiencia energética y de sostenibilidad.

El desarrollo sostenible se basa en la inversión del capital humano y social, y en las infraestructuras de comunicación. La adecuada gestión de recursos por parte de la participación del gobierno proyecta una calidad de vida superior.

En la Tabla 1.23 se detallan cuatro aspectos importantes de una *Smart City*.

Tabla 1.23. Aspectos de una *Smart City*.

La sostenibilidad: mediante el uso de la tecnología se reduce costos, así como también, se optimiza el consumo de sus recursos.	La inclusión y transparencia: permite la interacción con el ciudadano mediante canales de comunicación directa con lo cual se obtienen datos transparentes.
La economía (ganancia): con infraestructura adecuada para los trabajadores se generan empleos de calidad, competitivos, innovadores para hacer crecer los negocios.	Los ciudadanos: usan la tecnología para mejorar su calidad de vida y tener rápido acceso a los servicios públicos.

Otra visión es la de la cita [1], la cual propone 4 elementos comunes en la definición de una *Smart City* tales como: Visión Global, Tecnología, Calidad de Vida y Modelo de

Relaciones. Estos elementos deben ser considerados a mediano y largo plazo principalmente por las autoridades locales.

En la Figura 1.9 se muestran los elementos considerados para la definición de una *Smart City* [1].

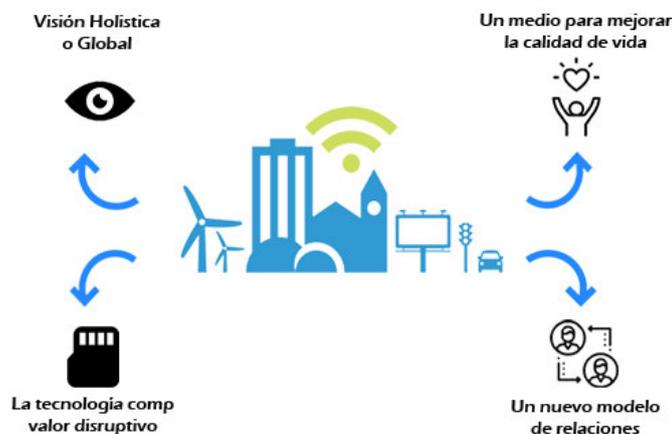


Figura 1.9. Elementos de una *Smart City*.

Un aspecto clave para transformar una ciudad tradicional a una *Smart City* es que aunque las autoridades cambien, los proyectos deben mantenerse a través de una visión global presente en todos los ámbitos de la ciudad, siendo la tecnología el punto clave para lograr los objetivos y esencial en el proceso de transición. Esto permite receptor, procesar y compartir datos relevantes en tiempo real. Una ciudad inteligente no puede crearse solo con el despliegue de los sensores, redes y del análisis de los datos obtenidos; sino que, el ciudadano transforme su forma de vivir y mejore la calidad de vida, con lo cual va a poder conectarse, consumir y disfrutar la ciudad, cambiando así la forma de relacionarse mediante una comunicación fluida con los diferentes actores, principalmente el ámbito de la administración.

Un tema fundamental dentro de una *Smart City* es la Infraestructura, misma que se divide en dos tipos que son: la *Infraestructura Física* y la *Infraestructura Digital*. Dentro de la Infraestructura Física están considerados los edificios, carreteras, transporte, centrales eléctricas (plantas de energía); en cambio en la Infraestructura Digital se encuentran la tecnología de la información y la infraestructura de comunicaciones que son las encargadas de que la ciudad funcione de manera óptima y eficiente. Además, se contempla la *Infraestructura de Servicios* por ejemplo: Educación, Salud, Gobierno Electrónico y Transporte Público, las cuales son ejecutadas dentro de la Infraestructura Física.

1.4.3.1 Características, Beneficios y Atributos de una Smart City

El uso integrado de las TIC's en una *Smart City* supone mejoras notables en la provisión de servicios, construyendo un camino sostenible para el desarrollo económico y social no solo de una ciudad, sino de un país; es por eso, que una *Smart City* se caracteriza principalmente por incorporar a las TIC's en su proceso de desarrollo, innovación, sostenibilidad y eficiencia para mejorar la calidad de vida de los habitantes [69].

En la Tabla 1.24 se detallan las siguientes características con el beneficio que estas generan en una *Smart City*.

Tabla 1.24. Características y Beneficios de una *Smart City*.

Característica	Beneficio
Inteligente	La gestión de sus recursos y servicios lo hace de manera inteligente para satisfacer las necesidades de sus habitantes.
Sostenible	El uso de la tecnología digital como una herramienta para gestionar de manera inteligente la ciudad, le permite reducir costos a la gestión y provisión de los servicios públicos, además de optimizar el consumo de recursos.
Inclusiva	Promueve la participación y comunicación directamente con los habitantes, identificando las necesidades de la ciudad e incluyéndolos en la toma de decisiones y ofreciendo nuevos servicios de soporte.
Transparente	Mantiene informados a sus habitantes mediante los diferentes canales de comunicación. Trabaja con datos abiertos para concientizar a los habitantes a través de información en tiempo real y transparentando la gestión local.
Cuidadosa	Se preocupa en no dañar el medio ambiente reduciendo el impacto negativo; y en el bienestar de sus habitantes.
Genera riqueza	Ofrece la infraestructura adecuada para la generación de empleos [69] y negocios de alta calidad con ideas nuevas, innovación, crecimiento y competitividad; favoreciendo al desarrollo social.
Rápida	Mediante el uso de las diferentes tecnologías, es posible acceder

	más rápido a los servicios gubernamentales principalmente, mejorando la calidad de atención. También, mejora la movilidad de las personas y del transporte dentro de la ciudad.
Segura	A través del uso de una red de monitoreo y vigilancia, permite al personal de seguridad actuar y acudir a tiempo a las diferentes situaciones de riesgo que se presenten.
Innovadora	A medida que la tecnología avanza, la ciudad también adopta estos avances para mejorar, incrementar la calidad y eficiencia en los servicios públicos, promoviendo la eficiencia energética.
Eficiente	Promueve la eficiencia energética, incrementando la calidad y eficiencia en todos los servicios públicos, gestionando de manera adecuada los recursos.
Accesible	Permite obtener y disponer de una gran cantidad de información en tiempo real.

1.4.3.2 Elementos de una Smart City

Las *Smart Cities* aplican soluciones innovadoras en las áreas de movilidad, medio ambiente, TIC's, urbanización, energía, economía y gobernanza, permitiendo el desarrollo urbano y económico de la ciudad haciéndolas sostenibles; además de garantizar una buena calidad de vida de sus habitantes.

Por lo tanto, los elementos inmersos más sobresalientes en una *Smart City* son: [70]

- Espacio urbano,
- Infraestructura,
- Redes y Plataformas inteligentes,
- Eficiencia energética y Sostenibilidad,
- Tecnologías de la Información y Comunicación.

Adicional a los elementos y características antes mencionadas, existen aspectos inmersos en una *Smart City* como son los actores involucrados, los objetivos que deben cumplirse, los sectores considerados de mayor importancia y las dimensiones

en cada ámbito de una ciudad. En la Figura 1.10 se muestran los aspectos considerados en una ciudad inteligente según [71].



Figura 1.10. Aspectos de una Smart City [71].

1.4.3.3 Actores de una Smart City

Todos los actores que conforman una *Smart City* cumplen un rol importante y se involucran totalmente para su propio beneficio y el de la ciudad como tal, aportando con conocimiento y realizando una retroalimentación continua para mejorar los servicios que consume.

Las personas e instituciones involucradas dentro de una ciudad inteligente se detallan en la Tabla 1.25.

Tabla 1.25. Actores de una *Smart City*.

Actores	Rol / Aportación
Ciudadanos	El Capital Humano es un ente absolutamente necesario para la migración de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente por su capacidad de innovación, aprendizaje y flexibilidad debido a su alto nivel educativo.
Gobierno	La Administración Local es capaz de generar e innovar la forma de prestar servicios y de establecer comunicación con los ciudadanos, permitiendo tener mejor calidad de vida mediante buenas decisiones políticas y receptando las demandas de los ciudadanos para cubrir sus

	necesidades.
Empresas	Por ejemplo, el BID (<i>Banco Interamericano de Desarrollo</i>) a través de su proyecto de Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES)[10], apoyan a los gobiernos locales en la implementación de ciudades inteligentes e incentivan a la participación de más empresas privadas.
Interesados	Grupos de personas y empresas privadas especializadas en una determinada área e interesadas en favorecer al desarrollo inteligente de la ciudad.

1.4.3.4 Objetivos de una Smart City

Uno de los enfoques principales dentro de una *Smart City* sin duda alguna, son los objetivos que debe cumplir una ciudad para considerarse inteligente y dentro de los cuales están:

- Mejorar la Calidad de Vida de sus habitantes mediante el control de emisiones de CO₂ a través del uso de dispositivos tecnológicos. Además de promover la participación ciudadana generando propuestas para soluciones que permitan mejorar la calidad del aire, agua y medio ambiente.
- Hacer que la ciudad sea sostenible mediante el uso de la tecnología para reducir costos en la prestación de sus servicios tales como: energía, redes inteligentes para suministrar electricidad de forma eficiente, regulación de la intensidad del alumbrado público mediante el uso de la tecnología LED y la utilización de fuentes de energía renovables; y transporte, información en tiempo real para el desplazamiento de las personas, mejorar el tráfico de la ciudad mediante la presencia de sensores para estacionamiento inteligente.
- Administrar de manera eficiente los recursos de la ciudad.
- Integrar a los actores antes mencionados en beneficio de la ciudad mediante canales de comunicación directa.
- Definir un diseño y establecer una planeación para la prestación de los servicios en la ciudad considerando los servicios disponibles.
- Manejar de manera eficiente las situaciones complejas en las diferentes áreas de la ciudad mediante el análisis de datos.

1.4.3.5 Dimensiones de una Smart City

Con la utilización de los avances tecnológicos una *Smart City* puede abarcar grandes dimensiones en diferentes aspectos llegando a gestionar de mejor manera sus recursos, la cultura, la economía y el crecimiento de las instituciones. Por lo tanto y según [72], se puede determinar tres dimensiones globales relacionadas en una ciudad, las cuales son medio ambiente y sostenibilidad, nivel de servicios de la ciudad y calidad de vida.

En lo que respecta a la dimensión de Medio Ambiente y de Sostenibilidad, esta se enfoca en las áreas físicas y biológicas de la ciudad, considerando las siguientes características: infraestructura de la ciudad, cambio climático, contaminación, salud de sus habitantes, residuos tóxicos, recuperación de la economía. En consecuencia, se evidencia que con los componentes de esta dimensión se pueden diseñar indicadores y métodos de evaluación del desempeño de la ciudad, debido a que estos se consideran fundamentales para el funcionamiento en las ciudades inteligentes.

En la dimensión de los Niveles de Servicio se acoge al entorno urbano funcional mediante la tecnología e infraestructura, sostenibilidad, el gobierno y la economía de la ciudad, que son características similares de la dimensión de Medio Ambiente y Sostenibilidad con la diferencia de que la dimensión de Servicios tiene su enfoque en el aspecto operativo para asegurar y proveer servicios de calidad.

Dentro de la dimensión de la Calidad de Vida están incorporadas las necesidades básicas de los habitantes tales como: educación, salud, alimentación, vivienda, servicios básicos, etc.; adicionando a esto el bienestar social y emocional de los habitantes.

1.4.3.6 Retos de una Smart City

La sostenibilidad de la ciudad y la calidad de vida de los habitantes puede verse afectado principalmente por el crecimiento acelerado de la población. Además, las ciudades deben afrontar problemas de infraestructura, vivienda (debido al cambio climático y desastres naturales), al desempleo, la pobreza, la delincuencia, la salud, la educación y demás problemas sociales que sean una amenaza para la estabilidad de la ciudad. Resumiéndose así a dos retos fundamentales en las *Smart Cities*: la comunicación y el esparcimiento del área urbana, los cuales abarcan las áreas de transporte, energía, seguridad y saneamiento principalmente.

Sin embargo, se consideran tres retos definidos como importantes que una *Smart City* debe contemplar:

- *La complejidad en procesos urbanos*, lo cual dificulta el análisis y la formulación de políticas urbanas.
- *La diversidad*, generada por las diferencias entre las características funcionales tales como la ubicación geográfica, estructura socio demográfica, economía; de la ciudad e intereses involucrados.
- *La incertidumbre*, sobre el futuro en la urbanización de las ciudades.

Una *Smart City* junto con la tecnología deben orientarse a las necesidades de las personas; establecer prioridades con respecto a la sociedad y a las aplicaciones deseables económicamente; mismas que deben basarse en los objetivos estratégicos relacionados al desarrollo social y económico.

Una ciudad inteligente debe integrar y acoger a todos sus ciudadanos. Además, debe mejorar la administración de las ciudades, conociendo lo que sucede en ellas y en sus alrededores, lo cual es posible modificando la estructura de gobierno, de sus procesos de comunicación y participación de los actores que intervienen en la gestión.

La identificación de los retos en las ciudades fundamentalmente es a través de la participación ciudadana, los cuales son validados mediante procesos internos o a través de planes estratégicos. Siendo la movilidad uno de los retos más complicados para todas las ciudades, sean estas grandes o pequeñas.

En base a lo expuesto, maximizar las oportunidades económicas y minimizar los daños medioambientales son los principales desafíos que afrontarán las *Smart City*, lo cual puede mitigarse mediante la planificación, administración y gobernabilidad de las ciudades de manera inteligente y sostenible.

1.4.4 Ámbitos de una *Smart City*

En base al concepto y enfocándose en las características de una *Smart City*, las cuales se centran en soluciones innovadoras, se consideran seis ámbitos principales dentro de una *Smart City* que son: el Medio Ambiente, la Movilidad y Transporte, la Seguridad y Salud, las Personas y Educación, la Economía y la Gestión de Gobierno [1]; siendo la Movilidad y Transporte, la Gestión de Gobierno y la Calidad de Vida los

ámbitos considerados como prioritarios en una *Smart City*. En la Tabla 1.26 se muestra un detalle de los ámbitos de una *Smart City*.

Tabla 1.26. Ámbitos de una *Smart City*.

Ámbitos	Resumen
Smart Mobility	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte - Tráfico - Accesibilidad
Smart Government	<ul style="list-style-type: none"> - Participación - Transparencia - Planificación - Administración
Smart Living	<ul style="list-style-type: none"> - Salud - Cultura - Seguridad - Administración
Smart People	<ul style="list-style-type: none"> - Educación - Inclusión - Colaboración
Smart Environment	<ul style="list-style-type: none"> - Medio Ambiente - Emisiones CO2 - Energías Renovables - Gestión y consumo de Agua - Gestión y consumo de Luz
Smart Economy	<ul style="list-style-type: none"> - Comercio electrónico - Negocios por internet - Productividad

Además, los ámbitos inmersos dentro de una *Smart City* [73] también incluye a las *Personas*, consideradas como los actores más importantes en el desarrollo de una ciudad y quienes cuidarán de la ciudad para que sea una ciudad sostenible.

1.4.4.1 Movilidad y Transporte (*Smart Mobility*)

En una *Smart City*, la movilidad implica el flujo de vehículos, personas y mercancías. El objetivo principal es tener mayor fluidez en el desplazamiento de las personas mediante un sistema integrado de transporte en el cual estén incluidos los autobuses, tranvías, trenes, metro y bicicletas y reducir las emisiones, facilitando su movilidad y el de los vehículos para que lleguen a tiempo y seguros a los diferentes destinos. Para cumplir este objetivo es importante el despliegue de planes de movilidad y de compartir información en tiempo real que permita la movilización (transbordos) de manera más rápida para una movilidad urbana sostenible mediante la integración multimodal en espacio y en formas de pago.

El tráfico es consecuencia de la expansión de las ciudades, creando así necesidad y mayor dependencia del vehículo debido a las grandes distancias que recorren las personas y por la dificultad del transporte público. Por consiguiente, se requiere de un conjunto de servicios urbanos tales como aparcamientos, servicio de carga para vehículos eléctricos, etc.

Dentro de movilidad y transporte se puede contar con aplicaciones que den información en tiempo real facilitando el viaje de las personas y encontrando un estacionamiento de manera ágil.

a. *Gestión de Gobierno (Smart Government – Smart Economy)*

La gestión de gobierno en una *Smart City* tiene su enfoque en *e-gobierno* y *e-gobernanza*, las cuales permiten la participación ciudadana y prestar con facilidad servicios públicos y sociales para establecer comunicación con los ciudadanos mediante canales formales e informales trabajando de manera conjunta con la comunidad para la toma de decisiones.

En **e-gobierno**, se utiliza las TIC's en sus procesos de administración, mejorando la gestión e innovando las relaciones internas y externas con otras instituciones de gobierno, incrementando la eficiencia, transparencia y participación ciudadana; situando a las TIC's como elemento de apoyo dentro de las perspectivas y estrategias políticas. En **e-gobernanza**, se incluye a la sociedad civil como agente en el proceso de gobierno y hace referencia a la forma de tomar las decisiones mientras que **e-gobierno** es la forma de ejecutar las decisiones. Dentro de *e-gobernanza* están tanto *e-gobierno* como *e-democracia*.

La e-democracia promueve la participación de los ciudadanos en los procesos democráticos (política y gestión pública) mediante el uso de las TIC's. Su objetivo principal está orientado a mejorar la cultura democrática de una ciudad y una de sus aplicaciones puede ser a través del voto electrónico para lo cual se debe cumplir una serie de normas y requisitos tanto legales, operativos y técnicos.

Los atributos soportados en las TIC dentro de *e-gobernanza* en una *Smart City* son:

- Transparencia,
- *Open Data*,
- Participación ciudadana,
- Servicios digitales (Apps).

Dentro del ámbito de economía se incluye al comercio electrónico a través de espacios de publicación digitales, los cuales ofrecen diferentes servicios, ofertas e información de interés para sus habitantes en tiempo real; y a los negocios por internet con posibilidades de maximizar las ventas. Además, promueve el emprendimiento de nuevas ideas que generen productividad y la flexibilidad del mercado de trabajo mediante el llamado co-trabajo, que permite a los profesionales compartir el espacio de trabajo.

1.4.4.3 Calidad de Vida y Entretenimiento (Smart Living – Smart Entertainment)

Para tener una buena calidad de vida es necesario que la Administración Local mejore sus servicios, principalmente en seguridad mediante la creación de sitios seguros que permitan a los habitantes reaccionar de manera rápida y eficaz ante casos de emergencia y la sanidad a través de la gestión de los servicios sanitarios; para que sus habitantes tengan mejores condiciones de salud y disfruten de una ciudad más limpia y segura. Las aplicaciones por video vigilancia son de mucha ayuda para la protección y prevención contra el crimen.

La calidad de vida también está relacionada con el entretenimiento cultural y de ocio, así como también con el ámbito turístico y la cohesión social. Por otro lado, para lograr un turismo atractivo, inteligente y sostenible es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías y evolución de otras para generar grandes experiencias turísticas; la oferta de servicios turísticos y culturales que permita conocer las actividades con las que cuenta la ciudad durante todo el día.

1.4.4.4 Educación y Personas (Smart Education – Smart People)

Smart Education facilita la educación de las personas de manera efectiva en todos sus niveles y mejora la administración educativa. Además, permite el desarrollo y crecimiento de personas y aplicaciones, para aumentar la creatividad e innovación urbana; siendo así, su objetivo principal el incrementar los proyectos de investigación haciendo el uso adecuado de las TIC's. Otro de sus objetivos es la conexión entre diferentes instituciones educativas para compartir y mejorar los conocimientos de los estudiantes en las diferentes áreas de estudio.

El rol importante de las personas en el desarrollo de una *Smart City*, identificadas como habitantes en una ciudad, es la integración y participación para facilitar la toma

de decisiones de las autoridades de gobierno; es por eso que las personas deben conocer lo que pasa en su ciudad y aumentar sus conocimientos principalmente en el uso de las diferentes aplicaciones tecnológicas y de gobernanza mediante una formación que se base y fortalezca en los temas de actualidad.

También, mediante la inclusión digital [74] con los ciudadanos es posible potenciar el capital humano y social de la ciudad.

1.4.4.5 Gestión de Riesgos (Smart Environment)

Una *Smart City* en el ámbito *Smart Environment* (medio ambiente urbano), ayuda a mejorar la calidad de vida de sus habitantes manteniendo las condiciones naturales para ser una ciudad sostenible con grandes impactos en el medio ambiente; por lo tanto, debe tener una adecuada gestión de sus recursos, segregación de residuos, reducción en la emisión de Co2, medición de parámetros ambientales y alertas por las predicciones meteorológicas, que permitirán proteger el medio ambiente mediante el impulso del uso de las energías renovables y de los sistemas de medición de consumo inteligentes en agua y luz, principalmente en el uso del alumbrado público.

En la Figura 1.11 se muestra los servicios involucrados en *Smart Environment* [74].



Figura 1.11. Servicios *Smart Environment*.

1.4.4.6 Eficiencia Energética (Smart Energy)

Las TIC's tienen un rol importante y clave dentro de los proyectos que proporcionan los servicios necesarios para que una ciudad reduzca el gasto público a través del consumo inteligente y de la adecuada gestión del servicio de energía a sus habitantes; generando además, consciencia del consumo adecuado y racional del servicio.

Para [70], el aumento del consumo energético es uno de los mayores problemas de las ciudades; por lo que una eficiente gestión energética se convierte en uno de los principales objetivos de todas las urbes para lograr una adecuada transformación a *Smart City*.

Dentro del campo de la eficiencia energética están relacionadas las *Smart Grids* (redes de suministro inteligente), las cuales generan nuevos modelos de gestión energética combinando procesos y tecnología inteligente. Las *Smart Grids* son mecanismos de manejo eficiente de la electricidad. A pesar de que no se tiene un concepto estándar, la Plataforma Tecnológica Europea de *Smart Grids*, la define como “una red eléctrica misma que es capaz de acoplar de forma eficiente e inteligente las acciones de los usuarios que se encuentren conectados a la red, logrando con ello un suministro de energía confiable, seguro, sostenible y económico” [75].

El funcionamiento de una *Smart Grid* viene determinado por un sistema que permite la comunicación de forma bidireccional de información y electricidad entre la empresa proveedora del servicio eléctrico y el usuario final, para lo cual utilizan equipos, servicios de monitorización innovadores y nuevas técnicas de control con el fin de obtener los siguientes objetivos que se encuentran detallados en la Tabla 1.27.

Tabla 1.27. Objetivos de una *Smart Grid*.

Objetivo	Propósito
Red eléctrica renovada.	Obtener una red eléctrica de transporte y distribución de calidad y disminuir las pérdidas de energía.
Abastecimiento seguro.	Mitigar el inconveniente de agotamiento de fuentes de energía actuales, optimizando las conexiones con fuentes de energía renovables para disminuir costes.

Impacto medioambiental.	Reducir el impacto del efecto invernadero mediante la disminución de emisión de humo y gases.
Demanda energética.	Brindar al usuario final la gestión de los consumos energéticos de manera más eficiente
Autogestión durante incidencias.	Asegurar el servicio eléctrico en todos los puntos de conexión ante posibles errores de la red energética.
Participación activa de consumidores.	Facilitar al usuario la mayor cantidad de información y diferentes opciones al momento de seleccionar el suministro energético.
Modalidades de generación	Ayudar a la coexistencia en la red inteligente de todo tipo de generadores de energía independientemente del tamaño o tecnología que usen.
Crecimiento del mercado	Facilitar el transporte de energía a largas distancias.

1.4.4.7 Salud (Smart Health)

Para los gobiernos, tanto la Salud como la Educación son consideradas como servicios prioritarios hacia sus habitantes, y para mantener un servicio de calidad en estas áreas es importante disponer de una red de atención que permita su fácil acceso, uso y ahorro con una gran cobertura garantizando un buen estado de salud.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la ciber salud (e-Salud o e-health) consiste en *“el apoyo que la utilización coste-eficaz y segura de las tecnologías de la información y las comunicaciones ofrece a la salud y a los ámbitos relacionados con ella, con inclusión de los servicios de atención de salud, desde el diagnóstico hasta el seguimiento de los pacientes, la vigilancia y la documentación sanitaria, así como la educación, los conocimientos y las investigaciones en materia de salud”* [76].

El disponer de buena salud mediante la prevención, el diagnóstico y el tratamiento adecuado y oportuno ayudan en la calidad de vida de las personas; para lo cual el servicio de salud pública deberá introducir tecnologías eficientes para la prestación de sus servicios de manera oportuna.

1.4.5 Estudio del Estado del Arte en Ámbitos de una *Smart City*

El crecimiento desordenado y significativo de la población, así como la falta de planificación para dotar de viviendas con servicios básicos generan problemas tanto sociales, económicos, ambientales, etc., mismos que ocasionan un retraso en el desarrollo de la ciudad. Por lo que, para hacer frente a esta situación, se plantean soluciones que se basan en desarrollos urbanos mediante la optimización de recursos que generen mejor calidad de vida para sus habitantes, haciendo uso de las TIC's.

La incorporación de la tecnología en los distintos servicios administrativos resulta no ser suficiente, debido a que hay que dar un gran salto y enfocarse a una visión que permita la sinergia entre la prestación de servicios públicos, aumentando la capacidad de negociación de manera eficiente y así lograr grandes economías [1].

En este apartado se revisarán proyectos de ciudades que ya han iniciado su transformación a ser una *Smart City* en determinados ámbitos obteniendo resultados favorables para su ciudad y sus habitantes.

Muchas ciudades se enfocan en determinados ámbitos para iniciar la transformación de ciudades tradicionales a ciudades inteligentes. Como ejemplo emblemático de una *Smart City* en América Latina y el Caribe, está la ciudad de Rio de Janeiro, con su Centro de Operaciones Rio (COR) [11] mostrado en la Figura 1.12. En este centro se analizan datos recogidos por sensores diseminados por toda la región urbana, los cuales proporcionan información de los sistemas más importantes de la ciudad. Además, visualizan imágenes de más de 1.000 cámaras, reduciendo en un 30% el tiempo de respuesta ante los diferentes casos de emergencias. Este centro fue construido en el 2010, trabajando 24 horas al día y congregando a 500 funcionarios; además, integra en tiempo real a 30 departamentos diferentes y a varias organizaciones gubernamentales, monitoreando el sistema de transporte, energía, comunicaciones, seguridad pública y salud, asociando diversos datos, en especial el pronóstico meteorológico, el cual permite anticiparse a los problemas y responder de manera más rápida a las emergencias presentadas. Este proyecto utiliza la tecnología

Google Earth¹¹ generando imágenes de alta resolución de la ciudad en 200 cámaras aproximadamente, con 70 controladores de vigilancia y se basa en 215 puntos de acción [77] para la toma de decisiones.



Figura 1.12. Centro de Operaciones Rio (COR) [11].

Otro ejemplo destacado y que usa el concepto de IoT, es la ciudad de Santander en España que inició en el 2010 a través del proyecto **Smart Santander** [11], buscando convertir y mejorar la calidad de vida de sus habitantes mediante proyectos en cada uno de los diferentes ámbitos; y se basa en la implementación de tres tipos de sensores:

- *Estáticos*: sensores colocados en puntos fijos de la ciudad que permiten medir la temperatura, humedad, precipitaciones, luminosidad y ruidos de presión en tuberías de agua.
- *Dinámicos*: sensores instalados en los vehículos de movimiento como vehículos de transporte público (autobuses), vehículos de transporte privado (taxis), vehículos de policía y vehículos de recolección de basura.

¹¹Google Earth, Programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

- *Participativos*: sensores utilizados por los ciudadanos en sus aplicaciones y que pueden enviar información de problemas presentados en las vías de la ciudad.

Por lo tanto, el uso de sensores facilita la administración, gestión, entrega oportuna y eficaz de información mediante el uso de las diferentes aplicaciones utilizadas por los usuarios para realizar la toma de decisiones en tiempo real y en beneficio de los habitantes de la ciudad.

Por otro lado, en la Tabla 1.28 se muestra casos de ciudades en América Latina [78] que están realizando proyectos para poder convertirse en ciudades inteligentes con diferentes enfoques. Los diferentes enfoques serán ampliados más adelante de acuerdo con el ámbito en el que se identifiquen.

Tabla 1.28. Enfoque de Transformación en Ciudades de América Latina [78].

Ciudad / País	Enfoque	Detalle
Santiago de Chile / Chile	Red eléctrica.	Gestionar la red eléctrica generando ahorro del consumo.
Guadalajara / México	Plataforma de integración y unificación de servicios.	Apuestan por una plataforma de integración y unificación para la gestión en los servicios municipales (limpieza viaria, residuos sólidos urbanos, ropa usada, seguridad vial y medioambiental en accidentes de tránsito y recolección de aceites usados y restos vegetales) [1].
Medellín Colombia	Programa “MDE: Medellín Ciudad Inteligente” Interacción con ciudades en Movilidad, Medio Ambiente y Seguridad.	En el programa “MDE: Medellín Ciudad Inteligente”, crean zonas con acceso libre a Internet, trámites en línea, datos abiertos y centros de acceso a las TIC’s [79]. Las estrategias implementadas para convertirse en una <i>Smart City</i> se han centrado en crear mecanismos de interacción con ciudades en los ámbitos de

		movilidad, medio ambiente y seguridad pública [11].
Río de Janeiro / Brasil	La estrategia de ciudad inteligente es el COR (Centro de Operaciones de Río).	El COR monitorea la ciudad en tiempo real y permite gestionar crisis de distintos grados de complejidad. Sirve como punto principal para un sin número de iniciativas inteligentes en la ciudad [11].
New York / Estados Unidos	Movilidad y Eficiencia Energética ecológica.	Movilidad mediante coches eléctricos. Encendido de faros con molinos eólicos, y uso de paneles solares [78].
Ciudad de México / México	Captura de datos para Gestión Ambiental.	Programa de seguridad y control de la calidad del aire,
Bogotá / Colombia	Seguridad. Captura de datos.	Programa de seguridad para sus habitantes.

Sin embargo, la iniciativa de transformación de ciudades tradicionales a ciudades inteligentes tuvo lugar sus inicios en ciudades de Europa. A continuación, en la Tabla 1.29 se listan de manera resumida algunas ciudades con su enfoque considerado para la transformación a ciudades inteligentes [80].

Tabla 1.29. Enfoque de Transformación en Diferentes Ciudades de Europa [80].

Ciudad / País	Enfoque	Detalle
Ámsterdam / Holanda, y Málaga / España	Eficiencia y gestión energética. Integración de centros de datos. Proyecto de movilidad eléctrica. Proyecto de alumbrado público inteligente.	En la ciudad de Ámsterdam, resalta su alumbrado público inteligente, mismo que permite el ajuste de iluminación en la ciudad según la época del año, el lugar, o una situación en particular [78]. Los faroles gastan menos energía y las autoridades pueden cambiar el color

		de la luz, bajar o subir la intensidad según las condiciones climáticas.
Singapur / Singapur Tailandia / Bangkok, Brisbane / Australia, Estocolmo / Suecia	Transporte y movilidad urbana	Singapur dispone de la red de transporte público más moderna, asequible y utilizada en el mundo ya que puede coincidir a 3 millones de personas transportándose en autobús y a 1600000 viajando en tren.
Singapur / Singapur, Tailandia / Bangkok	Sistema Energético Inteligente	Permite la reducción del consumo de energía en el entorno de un 3% debido al flujo bidireccional de información en la red del suministro y el despliegue de los contadores inteligentes que están acompañados de una red de comunicaciones de fibra óptica de alta velocidad.
Estocolmo / Suecia	Comunicaciones y Tecnología [77]	Esta ciudad tiene conexión de banda ancha mediante redes fijas e inalámbricas de última generación y un 90% de los edificios residenciales y el 100% de edificios de oficinas disponen de redes de fibra óptica.

1.4.5.1 Movilidad y Transporte (Smart Mobility)

La movilidad inteligente prioriza el transporte limpio y ecológico; además, se encarga de ofrecer información en tiempo real que sea relevante para identificar cuellos de botella, disminuir el índice de accidentes, ahorrar tiempo y mejorar la eficiencia en el desplazamiento, reducir costos y emisiones de CO₂; basándose en el uso de redes de banda ancha fijas y móviles, cámaras, sensores y aplicaciones de control de semáforos, usando datos abiertos para facilitar y mejorar la información del transporte.

Las tecnologías involucradas en este ámbito son: sistemas de logística y transporte integrados, dispositivos inteligentes para monitoreo de tráfico y dispositivos de medición, control y monitoreo para contaminación [81]. La proliferación de los dispositivos móviles inteligentes juntamente con las aplicaciones relacionadas al monitoreo del transporte ha incrementado significativamente, además establece

estrecha conexión a las necesidades de los habitantes de una ciudad para su desplazamiento, turismo, ubicación de estacionamientos y pago de peajes [81].

En la Tabla 1.30 se mencionan a las ciudades con proyectos de éxito en el ámbito de Movilidad y Transporte.

Tabla 1.30. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Movilidad y Transporte.

Ciudad/País	Proyecto
Medellín / Colombia	<i>Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín (SIMM)</i> , el cual se enfoca principalmente en mejorar la movilidad y reducir accidentes [79].
Medellín / Colombia	<i>eTaxis</i> , servicio de taxis con motores de tracción eléctrica para reducir el consumo de combustible y la contaminación de CO2 [82].
New York / Estados Unidos	<i>Proyecto para mejorar la movilidad</i> , haciendo uso de vehículos eléctricos.
San Francisco / Estados Unidos	Programa <i>San Francisco Park (SFPark)</i> , informa a los usuarios en tiempo real de espacios disponibles [83].
Singapur / Singapur	Sistema para <i>Adquisición de tickets</i> , sensores conectados a Internet para información de tráfico, movilidad de transporte y sistema para adquisición de tickets [77].
Estocolmo / Suecia	<i>Gestión Inteligente de Tráfico</i> , este modelo de gestión tiene como objetivo la reducción del tráfico en la ciudad [77].
Madrid / España	<i>Administración de estacionamiento público</i> [77].
Barcelona / España	<i>Políticas para uso de vehículos eléctricos</i> , que permita adaptar el consumo energético y reducir emisiones de CO2 [84].
Santander / España	<i>Sistema de gestión de Estacionamiento (Smart Parking)</i> , permite tener información en tiempo real de espacios libres [77].
Taiwán / China	<i>Sistemas de pago de peaje por ticket</i> , para agilizar el tráfico y obtener información importante del vehículo (velocidad) [81].
Mumbai / India	<i>Sin dinero en Efectivo</i> , aplicación inteligente para la reserva y

	adquisición de boletos para el transporte público [85].
--	---

La capital colombiana, a través de la Secretaria de Movilidad de Medellín, crea el proyecto Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín (SIMM) [79] mismo que está implementado sobre una red MPLS, configurado en clúster, y con una topología de red tipo anillo con fibra óptica, logrando con ello aumentar la redundancia. En el sistema SIMM, los Switch Core, Firewall y Routers se encuentran configurados en alta disponibilidad y cuentan con equipos de contingencia que asumen roles automáticamente. Estos equipos están protegidos con un firewall que solo permite el acceso a recursos que hayan sido autorizados por puertos requeridos. Las consolas de seguridad tales como antivirus, anti espías, anti spam y agentes instalados en los usuarios, generan alertas cuando detectan eventos sospechosos. Junto a la Secretaría de Gobierno Municipal, el Área Metropolitana y la Empresa de Seguridad Urbana (ESU) se crea un centro de control de radio mediante el Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad Metropolitana (SIESM), el cual integra componentes como la seguridad ciudadana, movilidad, prevención y atención de desastres, salud y emergencias médicas.

En la Tabla 1.31 se describe el objetivo del proyecto SIMM y las implementaciones para cubrir los diferentes servicios.

Tabla 1.31. Proyecto SIMM de Medellín.

Proyecto	Objetivo	Implementaciones
Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín (SIMM),	Disminuir los índices de accidentes e infracciones de tránsito mejorando así la movilidad y reduciendo la contaminación y el consumo de combustibles.	<p>Servicios de red LAN y WAN</p> <p>Plataformas de seguridad</p> <p>Servidores de aplicaciones y base de datos</p> <p>Servidores de almacenamiento</p> <p>Servidores para monitoreo de los elementos de la tecnología de la información.</p>

El SIMM cuenta además con funciones específicas, mismas que están detalladas en la Tabla 1.32, las cuales disponen de varios componentes:

Tabla 1.32. Funciones del SIMM de Medellín.

Funciones	Componentes / Descripción
Detección electrónica de infracciones	Compuesta por 40 cámaras que detectan exceso de velocidad, pico y placa, cruce indebido del semáforo (rojo), invasión de carril y paso peatonal.
Circuito Cerrado de televisión CCTV	Cuenta con 80 cámaras de video IP tipo Domo PTZ ubicadas estratégicamente en la ciudad, de visualización con analítica de video que son operadas por el Centro de Control de Tránsito (CCT).
Paneles de mensajes variable (PMV)	Compuesto por 22 tableros electrónicos basados en diodos emisores de luz en alta resolución (64x64 pixeles) que ofrecen información del estado de las vías, los cuales se encuentra ubicados donde hay mayor flujo vehicular, estos dispositivos permiten el control del tránsito mediante mensajes dinámicos compuestos por letras, símbolos y figuras ayudando a seleccionar mejores rutas y reducir los tiempos de viajes, accidentes y el congestionamiento vehicular.
Centro de control de semáforos	Con 600 intersecciones semaforicas interconectadas con una red de fibra óptica de banda ancha y sensores instalados en las vías para medir el tráfico en tiempo real. En apoyo a esta red de semáforos, 21 intersecciones cuentan con cámaras tipo VDS (<i>Vehicle Detection Sensor</i>) que permite la analítica de video captando información del tráfico como intensidad, velocidad, distancia entre vehículos livianos, de carga y motos.

Por otro lado, en la ciudad de Medellín cuenta también con el proyecto eTaxis, el cual consiste en el uso de taxis con motores de tracción eléctrica alimentados con baterías. Este proyecto se inició con la puesta en marcha de 50 vehículos eléctricos [82], los cuales ayudan a reducir la contaminación en emisiones de CO₂, ahorran combustible

en hasta el 70%, un 50% menos en los costos de operación y un 40% más económico en temas de mantenimiento. Estos vehículos pueden llegar a recorrer hasta 350 km con una carga completa [86], lo cual es adecuado, debido a que el promedio de recorrido en la ciudad de Medellín está entre 200 a 250 km diarios siendo que se utiliza el vehículo de marca BYD modelo e6.

Para la infraestructura de recarga de los vehículos, las empresas aliadas son Condensa y Emgesa, las cuales administrarán las electrolineras que están disponibles en el sótano del *Parque Tercer Milenio* con 10 puntos de recarga, y otros siete puntos de recarga en la sede de la empresa importadora *Praco Didacol* de la marca BYD [87].

En **Nueva York** existe un proyecto para implementar mejoras en la movilidad [78] y se destaca en esta categoría por el manejo responsable de la energía haciendo uso de transporte y coches eléctricos que puede ser aplicado en cualquier ciudad de *América Latina*, el cual consta en que:

- El Departamento de Tránsito de la ciudad de Nueva York recibe imágenes que son generadas por cámaras instaladas en las rutas más importantes y en los principales cruces de los cinco distritos. Estas imágenes, generadas en tiempo real, ofrecen datos significativos sobre el flujo del tráfico en las calles de la ciudad.
- Mediante el uso de tecnologías con modelación de datos, herramientas analíticas, sistemas de información geográfica (GIS) y programas de simulación de modelos, los investigadores pueden combinar información de datos relativos de condiciones del tiempo recibidos desde las estaciones meteorológicas, datos enviados por conductores, datos extraídos de aplicaciones móviles; que permiten reducir el congestionamiento del tránsito mediante el cambio del tiempo de apertura y cierre de los semáforos, mejorar la señalización y crear sistemas de alerta de tránsito.

Al aplicar estas sugerencias, la ciudad puede reducir la congestión vehicular y mejorar el servicio de transporte público. Los beneficios también pueden ser mayores, como por ejemplo: reducción de la contaminación, disminuir el tráfico por vehículos detenidos en el tránsito, mayor circulación de personas al trabajo u hogares y gestionar de mejor manera el tránsito en situaciones de emergencia, garantizando el rápido flujo de los servicios de emergencia.

En **San Francisco** desarrollan el programa *San Francisco's Connected City*, el cual busca mejorar el estacionamiento, y con el programa SFPark [83], se informa a los

usuarios de los espacios disponibles en tiempo real a través de sensores y medidores ubicados en las diferentes áreas de estacionamiento capaces de comunicarse de manera inalámbrica. Un repetidor ubicado en cada intersección forma una red inalámbrica de malla; el servidor central es capaz de recibir el 85% de los eventos que envía la información a los usuarios mediante pantallas ubicadas en las calles [88] o mediante las aplicaciones móviles.

Para **Singapur** [77], el transporte y movilidad urbana son de gran importancia para lo cual integraron un sistema de adquisición de tickets enfocándose en tener un sistema de transporte público eficiente e inteligente. Además, de la extensa red de sensores conectados a Internet a través de una red inalámbrica que permite obtener datos en tiempo real del funcionamiento de la ciudad, informarse del tráfico, movilidad del transporte público, incluyendo el mal funcionamiento de desagües; lo cual permite aplicar correctivos a situaciones de riesgo o amenazas.

El modelo de gestión inteligente del tráfico en **Estocolmo** tiene como objetivo mejorar el transporte público y reducir el tráfico, para lo cual involucra a la ciudadanía en todos los procesos. Este proyecto emplea amplias redes de comunicaciones con conectividad de banda ancha a través de redes fijas e inalámbricas de última generación, que permiten gestionar de manera eficiente el tráfico de vehículos y ofrece a los conductores información en tiempo real de las incidencias de circulación. Además, integra un modelo para pago de peaje, lo que permite reducir el tráfico en un 20%, el tiempo de espera en un 25% y recorta las emisiones de CO₂ en un 12% [77].

El municipio de la ciudad de **Madrid** dispone de una solución que regula la administración del servicio público de estacionamiento, el cual facilita notablemente su gestión. Este proyecto se basa en dispositivos móviles que permiten a los controladores realizar una inspección en tiempo real de la zona a la cual están accediendo. También entrega un reporte de las incidencias observadas tales como: multas, obstáculos en la vía, averías, etc. Además, este servicio controla la situación del usuario, facilita la imposición de denuncias mediante el sistema de firma digital, controla las plazas inhabilitadas a través del sistema de localización GPS, reporta averías en parquímetros e integra mensajería, además cuenta con un botón de pánico. Adicionalmente, en el proyecto de Gestión Integral de autobuses urbanos, es posible la localización continua, automática e instantánea de 2100 autobuses desde el puesto central de control, suministrando información en tiempo real a través de una plataforma de datos abiertos en un sistema multicanal [77], permitiendo conocer el estado de la circulación y reducir congestiones de tráfico.

También, en **Barcelona** se impulsan políticas para el uso de vehículos eléctricos mediante la modernización de la red, misma que permite aumentar la capacidad de previsión y adaptación del consumo energético, generando ahorro económico al ciudadano y reduciendo las emisiones de CO₂ [84]. Al igual que Singapur, Barcelona crea un sistema de pago electrónico T-Mobilitat [77], mediante una tarjeta con chip de tecnología *contactless* [89], el cual permite el acceso al transporte público y la movilidad en la ciudad. Este sistema recoge datos exactos del uso de la red de transporte y es capaz de adoptar el precio del transporte por usuario basándose en la ruta y kilómetros recorridos de manera frecuente.

Dentro del ámbito movilidad y transporte, el Sistema de Gestión de Estacionamiento (*Smart Parking*) [77] en la vía pública de la ciudad de **Santander** tiene como objetivo detectar en tiempo real los espacios libres para estacionamiento, mismo que cuenta con casi 400 sensores de tecnología ferromagnética, los cuales se encuentran debajo del asfalto de las principales áreas de aparcamiento en la ciudad; y mediante el sistema de guiado, que utiliza la información que proveen los sensores, en 10 paneles LED informativos ubicados en las intersecciones de las principales calles guiando a los conductores hacia los diferentes espacios libres de estacionamiento, ahorrando tiempo, consumo de combustible y reduciendo las emisiones de CO₂. Los paneles también muestran información de la temperatura, humedad, emisiones y calidad del aire debido a que también dispone de sensores para medir aspectos del medioambiente. Para la monitorización de la intensidad del tráfico, 60 dispositivos se encuentran ubicados en las entradas principales a la ciudad midiendo parámetros de tránsito como el volumen del tráfico, la congestión de las calles, la velocidad de los vehículos o el tamaño de las colas, permitiendo una gestión eficaz del tráfico.

Desde el 2014, **Taiwán** reemplaza el sistema de peaje por ticket con el sistema *eTag* [81], el cual es una etiqueta electrónica con tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia) que registra la distancia recorrida del vehículo para generar el pago sin la necesidad de reducir la velocidad durante el recorrido del vehículo; este proyecto ha permitido agilizar el tráfico principalmente en autopistas y reducir las emisiones de CO₂ [81].

En las ciudades metropolitanas como **Mumbai** y **Delhi**, entre 10 a 15 millones de personas viajan a través del transporte público. A pesar de su baja economía, pero por la necesidad de adaptarse a la era digital, el gobierno indio pone en marcha el proyecto *Sin dinero en Efectivo* [85] que promueve iniciativas de digitalización en *Smart Cities*; donde el servicio de transporte público tiene que adaptarse a la evolución

tecnológica para que el sistema sea inteligente y confiable. Por lo tanto, nace una propuesta para la venta ágil de tickets a través de una aplicación inteligente la cual asigna de manera automática el asiento de los pasajeros mediante la reserva digital de los mismos. El usuario será capaz de adquirir el ticket sólo cuando se conecta al dispositivo instalado en la parada de los buses sin la necesidad de un equipo móvil, además comprueba la disponibilidad de asientos y el tiempo estimado de espera del autobús, mediante un algoritmo inteligente y el pago lo realiza a través del portal. El uso de *e-ticket* o billete electrónico mediante el sistema de tickets electrónicos es un método eficiente y fiable utilizado principalmente en el transporte público, líneas aéreas, ferrocarriles y demás empresas de transporte y entretenimiento. El *e-ticket* [85] garantiza seguridad mediante la emisión del formulario electrónico, flexibilidad, costo y convivencia.

Las bicicletas inteligentes son también una opción para mitigar el problema de movilidad; en Copenhague [90] estas bicicletas cuentan con sensores instalados en el volante, en el bastidor y en las ruedas. La información obtenida por los sensores se transmite al módulo de análisis de datos para su posterior procesamiento. El sistema de control inteligente de la bicicleta está compuesto por: el equipo de ciclismo, ruedas motorizadas y sensores que controlan el estado físico del usuario y los parámetros ambientales. El equipo de ciclismo comprende la alimentación de la batería del motor eléctrico; adicionalmente limita la velocidad máxima para el movimiento de la bicicleta con la finalidad de ahorrar energía; la rueda motorizada combina con la rueda propia de la bicicleta, el motor eléctrico, el engranaje de alimentación y el sistema de frenado; y los sensores que pueden ser sensores de pulso, de temporización, de ruedas y sensor de GPS (para la configuración de ruta).

Por lo tanto, se puede concluir que el uso de sensores interconectados principalmente a través de una red inalámbrica de banda ancha son de mucha importancia para la obtención de datos en tiempo real para así lograr una mejor administración del tráfico en las ciudades y la ubicación de estacionamientos disponibles que mediante la utilización de aplicaciones móviles facilitan su reserva y pago.

En la Tabla 1.33 se resume el uso de la tecnología utilizada en cada uno de los proyectos antes mencionados.

Tabla 1.33. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Movilidad y Transporte.

Ciudad/País	Tecnología	Aplicación/Uso	Beneficio	Recurso Social
Medellín/Colombia	Red MPLS con Fibra Óptica	Movilidad	Reducir congestión vehicular	Gobierno central
Medellín/Colombia	Vehículos eléctricos	Movilidad	Reducir emisiones de CO2 y ahorro de costos.	Empresa Privada
Nueva York / Estados Unidos	Sistemas de Información Geográfica (GIS)	Movilidad	Reducir congestión vehicular.	Gobierno local
San Francisco / Estados Unidos	Red Inalámbrica en malla	Movilidad, estacionamiento	Mejora en estacionamientos	Gobierno local
Singapur / Singapur	Red Inalámbrica con sensores	Adquisición de Tickets	Información de disponibilidad de estacionamientos y del tráfico	Gobierno local y Empresa Privada
Estocolmo / Suecia	Redes fijas e inalámbricas de última generación con banda ancha	Movilidad	Reducir congestión vehicular.	Gobierno local
Madrid / España	Sensores móviles y redes inalámbricas	Movilidad, estacionamiento	Información de disponibilidad de estacionamientos	Gobierno local
Barcelona / España	Vehículos eléctricos	Movilidad	Reducir emisiones de CO2 y ahorro de costos.	Gobierno local

Barcelona España	/	Tecnología <i>Contactless</i> , red inalámbrica	Adquisición de tickets	Información de disponibilidad de estacionamientos y del tráfico	Empresa Privada
Santander España	/	Tecnología ferromagnética de sensores	Movilidad	Información de tráfico	Gobierno local
Taiwán China	/	Tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia)	Movilidad, pago de peaje	Reducir congestión vehicular y emisiones de CO2.	Empresa Privada y Gobierno local
Mumbai India	/	Tickets electrónicos, Sensores móviles	Movilidad, adquisición de tickets	Reducir tiempos de espera.	Gobierno local
Mumbai India	/	Tickets electrónicos, Sensores móviles	Movilidad, adquisición de tickets	Reducir tiempos de espera.	Gobierno local

1.4.5.2 Gestión de Riesgos (Smart Environment)

El medio ambiente inteligente hace referencia a la gestión adecuada de los recursos energéticos, el uso de recursos renovables, redes eléctricas, control y monitorización de contaminaciones, y la planificación urbana ecológica [81].

Los proyectos vinculados en este ámbito son alumbrado público, gestión de residuos, reducir la contaminación a través del uso de transporte ecológico (bicicletas) y mejorar la calidad del agua. Las tecnologías involucradas son: redes eléctricas inteligentes (*Smart Grids*), dispositivos de control inteligentes para iluminación y dispositivos de medición de consumo energético (*Smart Meters*) [81].

En la Tabla 1.34 se mencionan a algunas ciudades con proyectos de éxito en el ámbito de Gestión de Riesgos.

Tabla 1.34. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Gestión de Riesgos.

Ciudad/País	Proyecto
Medellín / Colombia	<i>Sistema de Alertas Tempranas (SIATA)</i> , con sensores que obtienen información del medioambiente (meteorología) [78].
México / Ciudad de México	<i>Programa de Acción Climática</i> , busca reducir las emisiones de carbono [91].
París / Francia	<i>Plan Digital City</i> , enfocado en proteger el medio ambiente [91].
Santander / España	Monitorización medio ambiental con sensores IoT [77].
Singapur / Singapur y San Francisco / Estados Unidos	Sensores IoT para recolección y tratamiento del agua [91].

El Sistema de Alertas Tempranas (SIATA) en la ciudad de **Medellín** es un proyecto entre instituciones públicas y privadas tales como el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo (DAGRED), la Empresa de Generación y Comercialización de Energía ISAGEN y de las Empresas Públicas de Medellín (EPM). Este sistema cuenta con aproximadamente 100 sensores que capturan información medioambiental; cuyo objetivo es el monitoreo en tiempo real y la modelación de hidrología y meteorología con la finalidad de generar información para la gestión ambiental y de riesgo. A través de 71 sensores en diversas redes de monitoreo de lluvia, 8 sensores para monitoreo del nivel de las quebradas y 7 cámaras en *live streaming* graban en tiempo real el cielo de la ciudad verificando el estado de las nubes. También, cuenta con una red de 8 estaciones que permiten analizar, publicar y monitorear la información de los niveles de presión sonora durante todo el día, a través de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental [78 79].

La topografía de **México** presenta grandes desafíos en términos de gestión de contaminación al estar rodeado de montañas; es una de las ciudades más congestionadas a nivel mundial por tener unos 5,5 millones de automóviles transitando en sus carreteras. Esta ciudad pretende crear estrategias de resiliencia, además de contar con políticas, procedimientos e infraestructura adecuados para enfrentar situaciones de alto riesgo, como un terremoto. Mediante el Programa de Acción

Climática 2012-2020 [91], se busca establecer responsabilidad conjunta entre el gobierno y los ciudadanos para lograr una ciudad baja en carbono a través del monitoreo de la contaminación de la atmósfera mediante la red de sensores que utiliza una aplicación para alertar a los usuarios; comprometiéndose a reducir las emisiones de carbono en un 14% del transporte municipal, en un 9% de la gestión de residuos y en un 6,4% de la electricidad residencial y el consumo de combustible de 2012 a 2020.

En 2015, la **Mairie de Paris** expuso su visión de París como una ciudad "inteligente y sostenible" a través de su plan maestro 2015-2020 de *Digital City* [91]. Además, consideraba la infraestructura y las aplicaciones de la ciudad inteligente como un facilitador importante para abordar los desafíos que enfrenta en las áreas de: suministro de energía, protección del medio ambiente, gestión de crecimiento urbano, transporte, seguridad e inclusión digital (turismo). En los principales proyectos de *Smart City* de París [91] están incluidos: transporte (ciclismo), sensores de estacionamiento, *Wi-Fi* pública, sistema CCTV, monitoreo ambiental, plataforma *Open Data* y gestión inteligente de energía.

La monitorización medioambiental estática en la ciudad de **Santander** ha instalado alrededor de 2000 dispositivos IoT que permitan medir diferentes parámetros ambientales como la temperatura ambiental, CO₂, ruido y luz. Adicional a estos dispositivos, han instalado dispositivos de monitorización en 150 vehículos públicos, en los cuales se encuentran inmersos autobuses, taxis y vehículos de la policía generando así un monitoreo ambiental móvil [77].

Tanto **San Francisco** como **Singapur** han desarrollado plataformas IoT para el tratamiento, recolección y conservación del agua mejorando la calidad de la misma mediante el uso de medidores inteligentes instalados en residencias y edificios públicos, los cuales alertan a la agencia de Servicios Públicos del uso inusual del agua [91].

En conclusión, el uso de sensores estáticos y dinámicos son los más utilizados dentro de este ámbito para el monitoreo principal del estado climático y luminosidad de las ciudades; los cuales permiten desarrollar una plataforma IoT.

En la Tabla 1.35 se resume el uso de la tecnología utilizada en cada uno de los proyectos antes mencionados.

Tabla 1.35. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Gestión de Riesgos.

Ciudad/País	Tecnología	Aplicación	Beneficio
Medellín / Colombia	Sensores ambientales y Redes eléctricas	Aplicaciones de alertas.	Prevenir desastres naturales.
México / Ciudad de México	Sensores estáticos y dinámicos	Monitoreo de contaminación.	Reducir emisiones de carbono y consumo eléctrico
París / Francia	Red Wi-Fi, Sensores, Plataforma <i>Open data</i>	Medio ambiente, suministro de energía.	Proteger el medio ambiente y reducir el consumo eléctrico.
Santander / España	Plataforma IoT, Sensores estáticos y dinámicos.	Monitoreo del medio ambiente.	Controlar parámetros de temperatura ambiental.
San Francisco / Estados Unidos y Singapur / Singapur	Plataforma IoT, medidores inteligentes	Gestión del agua.	Consumo eficiente del agua.

1.4.5.3 Eficiencia Energética (Smart Energy)

Todas las ciudades buscan principalmente disminuir el consumo de energía a través de una red inteligente de distribución (*Smart Grids*), misma que tienen la capacidad de recibir y transmitir energía a partir de fuentes renovables y no renovables. Además, disponen de plantas centralizadas para gestionar la energía eléctrica de manera eficiente, flexible y fiable.

Este sistema funciona mediante técnicas de control automatizado, convertidores de alta potencia, infraestructura moderna de comunicaciones en dos vías y tecnologías de detección y medición [92], lo que hace que sean menos costosas que la red convencional.

La medición inteligente es el punto de partida para la transformación de una estructura inteligente. Un medidor inteligente es un dispositivo que registra, comunica y optimiza de manera automática; además se comunica en tiempo real con la estación central para informar sobre el consumo de energía, permitiendo una mejor gestión del consumo de energía, lo cual ayuda en el ahorro de dinero debido a que el usuario paga solo por lo que consume y también ayuda a reducir emisiones.

La iluminación inteligente es un sistema de iluminación eficiente que consta de fuente de luz LED, sensores inteligentes (sensores de presencia), conductores, controladores y un sistema de comunicación integrado en la luminaria que ajusta la luminancia con relación al tiempo y la ocupación, gestionando de manera eficiente para su optimización. También es posible controlar de forma remota a través de una unidad de control inalámbrico, lo cual permite controlar muchas luces cambiando la calidez del brillo y el encendido o apagado de las mismas.

La Generación Distribuida es la generación de energía en el punto de consumo; en un futuro los edificios serán generadores de distribución por la instalación de energía renovable y por el sistema de almacenamiento ubicadas en el techo de este, lo cual permite reducir costos y mejorar la eficiencia del suministro eléctrico mediante un software de gestión.

En la Tabla 1.36 se mencionan a las ciudades con proyectos de éxito en el ámbito de Eficiencia Energética.

Tabla 1.36. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Eficiencia Energética.

Ciudad/País	Proyecto
Santiago de Chile / Chile	<i>Plan de gestión inteligente</i> , que aumenta la eficiencia energética [78].
Ámsterdam Holanda	<i>Alumbrado público inteligente</i> , que permite ajustar la iluminación [78]. <i>Proyecto Barco a la Red</i> , para generar energía renovable [93].
Málaga / España	Sistema de <i>almacenamiento energético</i> utilizado para la climatización de edificios [94]. <i>Proyecto Zem 2 All</i> .
Barcelona	Proyecto <i>22UrbLab</i> de alumbrado público con tecnología LED

España	Eco Digital [77].
Río de Janeiro / Brasil	Promueve el consumo inteligente de energía eléctrica para contribuir a la reducción de CO2 [77].
Singapur / Singapur	<i>Sistema Energético Inteligente</i> , para reducir el consumo de energía [77].
Santander España	Detección del nivel de luz mediante sensores lumínicos [95].
Taiwán / China	Autopista con iluminación inteligente regulada remotamente [81].
Pekín / China	<i>Global Energy Internet</i> , red inteligente para conectar proveedores y consumidores de energía [92].

El Parque de Negocios Ciudad Empresarial en la ciudad de **Santiago de Chile**, funciona como prototipo un Plan de Gestión Inteligente de la Red Eléctrica, aplicando innovaciones tecnológicas de manera funcional e integrada capaces de reducir la latencia al mínimo para transmitir la información que hasta la fecha ha dado como resultado favorable el aumento de la eficiencia energética, la disminución del consumo de electricidad y como consecuencia la mejora del medioambiente [78].

Ámsterdam, resalta su alumbrado público inteligente, mismo que permite el ajuste de iluminación en la ciudad según la época del año, el lugar, o una situación en particular [78]. Los faroles gastan menos energía ya que las autoridades pueden cambiar el color de la luz, bajar o subir la intensidad según las condiciones climáticas.

Además, dentro de este ámbito el proyecto Barco a la red, permite a los buques de carga terrestres y a los cruceros fluviales conectarse a una de las 73 conexiones con las que cuenta la red eléctrica del puerto, misma que es generada por la energía renovable logrando con ello reducir el impacto global del CO₂ [93].

La ciudad de **Málaga**, en España, es considerada una *Smart City* por la instalación de un Sistema de Almacenamiento Energético, mismo que transforma la manera de distribuir la energía mediante una *Smart Grid*; esta red inteligente es utilizada en la climatización de edificios, alumbrado público, etc. Este proyecto está desarrollado sobre la red eléctrica que consta de dos Subestaciones Eléctricas [94]. La infraestructura de telecomunicaciones desplegada cuenta con 40 Km de líneas

comunicadas por banda ancha complementadas con WiMAX y 3G, componiendo una red con topología de anillos. Esto implica tener un gran ancho de banda, calidad de servicio y baja latencia. También, utiliza enlaces Gigabit Ethernet de fibra óptica en la capa de distribución y utiliza OSPF para el enrutamiento y redundancia [93]; las conexiones con el operador son aseguradas y protegidas mediante el uso de túneles privados.

Además, la potenciación del transporte eléctrico mediante el uso de vehículos eléctricos a través de la instalación de postes de recarga y la integración de fuentes renovables en la red de energía permiten obtener un ahorro energético del 20% aproximadamente y una reducción en el CO₂ en más de 6000 toneladas [96] por año. En el proyecto de movilidad eléctrica Zem 2 All, introdujeron 200 vehículos eléctricos con tecnología de infraestructura, de comunicaciones, de optimización de la red de distribución energética y de interacción con el usuario [1]. En la Figura 1.13 se muestra una imagen de *Smart Grid* [97] del proyecto *Smart City Málaga*.

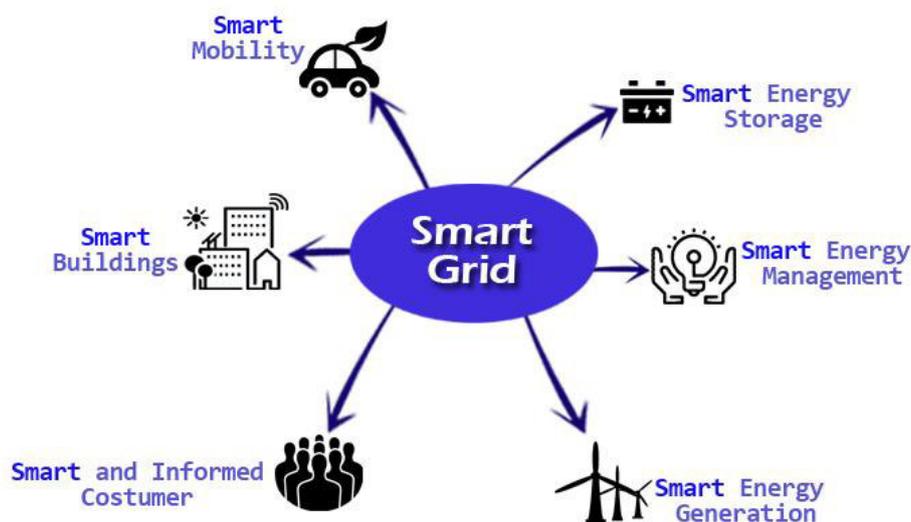


Figura 1.13. *Smart Grid*.

El proyecto *22UrbLab* de **Barcelona** implementa 12 puntos de alumbrado público al exterior de la ciudad con tecnología LED Eco Digital [77], los cuales cuentan con sensores de presencia, vibración, temperatura, antenas GSM, webcam, etc.; que permite optimizar energía, reducir costos y contaminación, debido a que se activa con el movimiento y reúne información ambiental.

La municipalidad de Buzios en **Río de Janeiro** promueve el consumo inteligente y eficiente de energía eléctrica, lo cual permite implementar un nuevo modelo de gestión energética que contribuya a la reducción de emisiones de CO₂, además de fomentar

la eficiencia energética en edificios públicos. Este proyecto, implementa tecnología LED para el alumbrado público y mediante el despliegue de contadores inteligentes posibilitan la aplicación de tarifas diferenciadas de acuerdo al horario ya que permite controlar el consumo energético en tiempo real. En la municipalidad disponen de una infraestructura para la recarga de vehículos y bicicletas eléctricas permitiendo minimizar el impacto de incidencias en el suministro; además, permite integrar la generación distribuida a partir de energías renovables provenientes de naturaleza solar y eólica [77].

El Sistema Energético Inteligente de **Singapur** permite la reducción del consumo de energía en el entorno de un 3%, debido al flujo bidireccional de información en la red del suministro y al despliegue de los contadores inteligentes, mismos que están acompañados de una red de comunicaciones de fibra óptica de alta velocidad.

Tanto Singapur como Barcelona utilizan sistemas de energía renovables para reducir emisiones de CO₂.

Dentro del proyecto **Smart Santander** la instalación de más de 12.000 dispositivos (2.000 solo para monitorización medioambiental estática) entre sensores, repetidores, pantallas informativas y terminales móviles utilizados en los diferentes ámbitos de aplicación [98], permiten una gestión inteligente del alumbrado público acoplándose a las necesidades de la vida real detectando el nivel de luz en cada zona, encendiéndose la luz solo al ser necesario lo que permite un ahorro en el costo y consumo energético. Además, los medidores medioambientales a través de 50 dispositivos aproximadamente monitorean parámetros de temperatura y miden la humedad en las zonas verdes de la ciudad, identificando la situación para ser regadas o no mediante el proyecto de riego de parques y jardines obteniendo así un mejor aprovechamiento en el consumo del agua. La infraestructura tecnológica con la que cuenta la ciudad de Santander está compuesta por red de comunicaciones basada en fibra óptica en una topología de estrella de 1GB/s de velocidad, *firewall* de nueva generación, gestor de ancho de banda, servidores VPN, sistema antispam, plataforma NAC para el acceso a la red y sistemas de seguridad; y una *redwifi* con aproximadamente 100 puntos de acceso para la ciudadanía.

El Departamento de Obras Públicas de la ciudad de Taipéi en *Taiwán*, junto a la empresa Billion Electric, crean la primera autopista con iluminación inteligente, con el objetivo de ahorrar 360.000 MWh por año y de reducir 201.000 toneladas de emisiones de CO₂. Esta autopista es capaz de configurar y regular remotamente la iluminación del alumbrado público mediante la medición puntal y del análisis

informático en la nube. Este proyecto se caracteriza por monitorear la luz ambiente en tiempo real y permite la atenuación inteligente, logrando con ello un ahorro del 83%. Mediante el uso de las herramientas tecnológicas es posible ajustar el brillo de la luz, basándose en el tiempo meteorológico, además de encender o apagar las mismas según la intensidad del tráfico de manera inteligente. Además, mediante una interfaz es posible visualizar los perfiles de iluminación y el consumo actual generado. Finalmente, el ancho de banda utilizado en esta tecnología permite también el monitoreo de cámaras IP y de Seguridad, así como el control de estaciones de carga de los vehículos eléctricos y demás aplicaciones *Smart* [81].

En **China**, *Global Energy Internet* es una iniciativa de la Corporación Estatal de la Red de China convirtiendo a Internet y a la energía en una red de interconexión de redes inteligentes a través de líneas de corriente continua de ultra-alta tensión con tecnologías TIC's que permiten conectar a los proveedores de energía y a los consumidores [94]. La introducción de un sistema de gestión inteligente de energía permite a los usuarios gestionar su consumo de manera rentable al tiempo, una fácil integración de fuentes de energías renovables y aumentar el uso eficiente de la energía.

Por lo tanto, la aplicación de las *Smart Grids* ayuda a disminuir y distribuir de mejor manera el consumo de energía, con la ayuda de las tecnologías inteligentes y su aplicación mediante sistemas de optimización automática a través de la red de información pueden transformar lo convencional en inteligente convirtiendo al mundo en sostenible, seguro, integrado e inteligente con cero emisiones de carbono y 100% renovables por el despliegue de continuo de sus fuentes de energía renovable y limpias.

En la Tabla 1.37 se resume el uso de la tecnología utilizada en cada uno de los proyectos antes mencionados.

Tabla 1.37. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Eficiencia Energética.

Ciudad/ País	Tecnología	Aplicación	Beneficio
Santiago de Chile / Chile	<i>Smart Grids</i>	Red eléctrica	Disminuir el consumo eléctrico
Ámsterdam / Holanda	<i>Smart Grids</i> , puntos de conexión con energía renovable	Red eléctrica	Ahorro de energía y reducción de CO2

Málaga España	/	<i>Smart Grid</i> , 3G, Red de topología anillo, Fibra óptica	Red eléctrica	Ahorro en consumo de energía.
Barcelona España	/	Tecnología LED Eco Digital	Red eléctrica	Optimizar energía y ahorro en consumo
Río de Janeiro / Brasil		Tecnología LED, Contadores inteligentes	Gestión energética	Reducción de CO2, ahorro en consumo
Singapur /Singapur		<i>Smart Grid</i> , Fibra óptica	Red eléctrica.	Reducir consumo energético
Santander España	/	Fibra óptica, Red topología estrella de 1 GB/s	Red eléctrica de alumbrado público.	Ahorro en consumo eléctrico.
Taiwán / China		Análisis <i>Cloud</i>	Red eléctrica de alumbrado público,	Ahorro en consumo eléctrico, reducir CO2.
Pekín / China		<i>Smart Grids</i>	Red eléctrica	Ahorro de energía

1.4.5.4 Educación (*Smart Education – Smart People*)

La educación y alfabetización digital es muy importante en el proceso de transformación de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente, por lo que es necesario modificar el sistema educativo implementando metodologías innovadoras de enseñanza. Además, que una *Smart City* debe sustentarse en un modelo interactivo, visual y colaborativo que permita incrementar la participación estudiantil, así como también que los docentes se acoplen a las distintas capacidades de aprendizaje de sus estudiantes. Adicionalmente, para alcanzar una educación inteligente se debe contar con un capital humano calificado que permita la evolución de la ciudad y que su crecimiento sea sostenible [97].

En la Tabla 1.38 se mencionan a las ciudades con proyectos de éxito en el ámbito de Educación.

Tabla 1.38. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Educación Inteligente.

Ciudad/País	Proyecto
Barcelona / España	<i>Samsung Smart School</i> . Centros de investigación para creación de conocimiento [98].
Medellín / Colombia	Colegios en la Nube con acceso a aplicaciones educativas desde cualquier lugar [80].
San Francisco / Estados Unidos	Programa <i>uno-a-uno</i> . Escuelas con conexiones de fibra óptica [77].

Por ejemplo, en **Barcelona**, la prioridad es la alfabetización digital en la Administración Local y para dar solución en este tema se ha fomentado el uso de las TIC's; y en la actualidad, existen cerca de 400 centros de investigación para la creación, disseminación y uso del conocimiento. Además, Samsung España instala aulas tecnológicas mediante su proyecto *Samsung Smart School* para la educación Primaria con Tablet con dispositivos Wireless para la proyección desde la misma [98].

La ciudad de **Medellín** cuenta con la implementación del proyecto *Colegios en la Nube*, el cual es un modelo virtual que permite a los estudiantes tener acceso a las aplicaciones y contenido académico del colegio que están en la red desde cualquier lugar generando una mejor experiencia de aprendizaje de los estudiantes con las aulas y libros digitales lo que representa hasta un 40% de ahorro en costos operativos y administrativos [80].

Los principales objetivos en este proyecto, es mejorar el servicio de conectividad, de internet y de computación con la implementación de mejores y ligeras aplicaciones de aprendizaje, por ejemplo, la empresa Citrix [99], ha implementado una estructura de nodos que conecta a 407 escuelas con acceso a un centro de datos común, logrando con ello que los estudiantes tengan acceso a la misma información académica.

Por ejemplo, en la institución educativa **Aures Colegio 2020** logran adaptar una sala de cómputo en los salones de clase para los docentes y dos salas de informática en la nube para la comunidad; además, de instalar tableros digitales con *clickers*¹²

¹²*Clickers*, dispositivos que permiten obtener información de una audiencia de manera rápida y sencilla

mejorando los espacios y accesos a contenidos digitales que benefician a 1000 estudiantes y 30 profesores [80].

En **San Francisco** las escuelas disponen de fibra óptica que a través del programa “*uno-a-uno*” aseguran que cada estudiante disponga de una computadora.

En definitiva, el acceso a las nuevas tecnologías permite a estudiantes y profesores establecer mejor relación de comunicación lo cual ayuda al aprendizaje continuo; principalmente el uso de la tecnología *Cloud* ayuda disponer de información en cualquier momento y desde cualquier lugar.

En la Tabla 1.39 se resume el uso de la tecnología utilizada en cada uno de los proyectos antes mencionados.

Tabla 1.39. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Educación.

Ciudad/ País	Tecnología	Aplicación	Beneficio
Barcelona / España	<i>Wireless</i>	Educación con aulas tecnológicas.	Educación con tecnología.
Medellín / Colombia	<i>Cloud</i> , virtualización y tableros digitales con <i>clickers</i>	Educación con acceso a información digital.	Ahorro en costos operativos.
San Francisco / Estados Unidos	Fibra óptica	Educación inicial	Cada estudiantes disponen de una computadora

1.4.5.5 Salud (*Smart Health*)

Dentro de *Smart Health*, se hace referencia al uso y aplicación de los diferentes dispositivos, infraestructuras y herramientas de una *Smart City* que permitan mejorar la gestión de los servicios de salud [100] y obtener mejores resultados de la interacción entre los ciudadanos y el sistema de salud. Además, permite hacer uso de la tecnología, dispositivos móviles e información contextual, que, combinados entre sí, mejora la calidad de vida de sus habitantes; principalmente, desde los hogares de pacientes con enfermedades crónicas permitiendo el monitoreo del estado de salud a través de sensores y aplicaciones en las diferentes plataformas de gestión que buscan mejorar su estadía.

La adopción de las TIC's en el sector de la salud trae consigo el término *e-salud* (salud electrónica) permitiendo a las ciudades aplicar tecnología de la información y herramientas avanzadas de analítica para desarrollar un enfoque avanzado para el ciudadano en los diferentes servicios, beneficiándose del nuevo paradigma urbano.

El uso generalizado de teléfonos inteligentes introduce el término *m-health* (salud móvil) [101], la cual ofrece aplicaciones que ayudan a los usuarios a la realización de ejercicios; estas aplicaciones permiten establecer las mejores rutas, dan recomendaciones de acuerdo a sus condiciones de salud, establecen preferencias del usuario e informan el estado del medio ambiente; obteniendo resultados para prevención y determinación de tratamientos oportunos. Mediante la inclusión clave de la bioinformática que permite el análisis de la información obtenida de las diferentes bases de datos.

También, *e-health* permite el intercambio de información entre paciente y el centro de salud, lo que permite mejorar la prevención, diagnóstico, tratamientos, control y gestión sanitaria [102].

La prestación de servicios en el área de la salud en todas las ciudades se ha visto afectado debido al crecimiento poblacional y por el envejecimiento de una buena parte de su población; es por esta razón que se desarrollaron biosensores, los cuales permiten la medición de parámetros biológicos o químicos que son utilizados principalmente por pacientes con diabetes, ya que desde su domicilio es posible monitorear el estado de su salud (glucosa en la sangre) [80].

Por tal razón, es necesario disponer de una red de salud inteligente que permita tener mayor cobertura de atención, así como también mejorar el acceso a la información de los pacientes (historia clínica) y brindar una adecuada atención médica.

En la actualidad, los servicios de Telemedicina basados en el monitoreo constante y la Teleasistencia son los más utilizados y su despliegue es a través de la tecnología 5G, la cual garantiza una latencia menor a 1ms, con la combinación de IoT y *e-health*. El uso de fibra óptica permite aumentar las capacidades de transmisión de datos de las aplicaciones inmersas para la prestación de servicios y la conexión con las estaciones base ubicados en los centros de datos de los centro de salud. Para brindar estos servicios es importante disponer de banda ancha y baja latencia, además de contar con un servicio de seguridad (calidad de servicio) permanente para la transmisión de imágenes y videos en tiempo real utilizado por el servicio de teleasistencia [103]. También, se requiere un alto rendimiento de la red de banda ancha y una tasa muy baja de pérdida de paquetes, esto debido a que una distorsión en una imagen de

radiografía podría cambiar el diagnóstico médico; además, la teleasistencia al ser un servicio con ubicuidad debe contar con una red de acceso de tecnología inalámbrica.

En la Tabla 1.40 se mencionan los servicios inmersos en la Telemedicina.

Tabla 1.40. Servicios en la Telemedicina [104].

Servicio	Detalle
Telediagnos	Consiste en las exploraciones y valoraciones clínicas.
Telemonitorización	Monitorización de parámetros clínicos principalmente desde el domicilio del paciente o desde ubicaciones remotas para el seguimiento en enfermedades crónicas.
Teleconsulta	Consulta entre el profesional de la salud y el paciente con información médica y asistencia.
Telerehabilitación	Muestra de ejercicios dirigidos y monitorizados en casos de insuficiencia respiratoria, fisioterapia, terapia cognitiva, etc.
Teleasistencia asistida	Mediante un callcenter especializado, geolocalización y marcado de ruta.
Telepago	Pago de servicios de manera remota.
Realidad Virtual y Aumentada	Para tratamientos rehabilitadores, psicológicos y de formación.

Estos servicios pueden ser utilizados mediante aplicaciones móviles permitiendo ubicuidad, ya que son utilizados desde cualquier dispositivo móvil.

También, el servicio de analítica predictiva permite utilizar el *big data* para extraer información útil y tomar decisiones concretas y acertadas.

En la Tabla 1.41 se mencionan a las ciudades con proyectos de éxito en el ámbito de Salud inteligente.

Tabla 1.41. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Salud Inteligente.

Ciudad/País	Proyecto
Cali / Colombia	Vive digital mediante la interconexión de hospitales y centros de salud [105].
Madrid / España	Servicio de teleasistencia domiciliaria [77].
Unión Europea / Europa	<i>ARMOR</i> , análisis de datos multiparamétricos para la epilepsia [102].
Tromso / Noruega	<i>Sense-Park</i> , captura datos para información del estado de salud en enfermos de Parkinson [102].
Nairobi / Kenia (África)	<i>Medic Mobile</i> , permite obtener asesoramiento al personal de la salud en tratamientos e informar de situaciones de emergencia [106].

Cali con su proyecto *Vive Digital* tiene como proyección interconectar a 105 hospitales y centros de salud que beneficien a aproximadamente 2'369.000 usuarios asegurados y no asegurados [80] mediante la construcción de una red de fibra óptica de aproximadamente 250 Km con una conectividad inalámbrica y con tecnología 4G [105]. Además, busca optimizar el recorrido de las ambulancias de acuerdo con la ubicación de las mismas. También, existen sensores de temperatura que mantienen los productos para medicina y vacunas en buen estado.

El servicio de teleasistencia domiciliaria de **Madrid** es uno de los servicios mejor valorados por atender a más de 120000 personas mayores [77].

Dentro de los proyectos de medicina personalizada en Europa, están **ARMOR** [102], el cual hace uso de las tecnologías de monitoreo y comunicación para el análisis de los datos multiparamétricos relevantes para la epilepsia; y **SENSE-PARK** enfocado en la enfermedad de Parkinson, mismo que consiste en desarrollar información recibida a través de sensores y de un sistema de captura de datos nuevos para proporcionar a los pacientes la información valiosa diaria sobre su estado de salud, y ayudar a médicos e investigadores a avanzar en diagnósticos, tratamientos y ensayos terapéuticos.

En **África**, el proyecto *Medic Mobile* [106], principalmente en las áreas rurales hace uso y aprovecha la tecnología móvil disponible para ayudar a los trabajadores de la

salud a comunicar los síntomas a los centros de salud más cercanos, recibir asesoramiento para tratamientos e informar de las urgencias y de la posibilidad morbilidad presentada en una comunidad.

Además, la tecnología macrodatos¹³ permite la formulación de peticiones que permitan la detección de casos de epidemia en la población.

En el contexto de *Smart Health* se busca obtener mejores resultados con la prevención y así, disminuir los tratamientos médicos, proponiendo hábitos saludables que generen bienestar en las personas.

En la Tabla 1.42 se resume el uso de la tecnología utilizada en cada uno de los proyectos antes mencionados.

Tabla 1.42. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Salud.

Ciudad/ País	Tecnología	Aplicación	Beneficio
Cali / Colombia	Tecnología 4G en conexión inalámbrica	Hospitales y centros de salud.	Interconexión de instituciones de salud
Madrid / España	Tecnología 5G, fibra óptica	Teleasistencia	Monitoreo y asistencia oportuna.
Unión Europea / Europa	Sensores, Fibra óptica, banda ancha	Teleasistencia	Monitoreo y asistencia oportuna.
Nairobi / Kenia (África)	Tecnología móvil	Asistencia médica	Obtener información oportuna e informar emergencias

1.4.5.6 Entretenimiento (*Smart Living – Smart Entertainment*)

Una *Smart City* se enfoca principalmente en mejorar la calidad de vida de sus habitantes ofreciendo servicios inteligentes con el objetivo de aumentar los niveles de cohesión social.

¹³Macrodatos o datos masivos, conjunto de datos muy grandes y complejos que se necesita de aplicaciones informáticas para su adecuado procesamiento.

En la Tabla 1.43 se mencionan a las ciudades con proyectos de éxito en el ámbito de vida y entretenimiento inteligente.

Tabla 1.43. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Vida y Entretenimiento Inteligente.

Ciudad/País	Proyecto
Bogotá / Colombia	Programa Bogotá Humana y Vive Digital mediante la expansión de la red Wi-Fi de manera gratuita [85].
Santander / España	Wi-Fi gratuito en la ciudad para el acceso a aplicaciones relacionadas al turismo, transporte, etc. en teléfonos móviles [84].
Singapur / Singapur	Entornos seguros, conectividad y áreas verdes [64].

Para las autoridades de **Bogotá** es una prioridad hasta el 2025 establecer a la ciudad como una *Smart City*; por lo cual están buscando proyectos de innovación a nivel internacional [85]. Dentro del programa *Bogotá Humana y Vive Digital*, busca expandir la red Wi-Fi como servicio gratuito; hasta el 2014 había 10 puntos ubicados en el Centro Histórico y Cultural de Bogotá.

Santander, con su proyecto *Smart Santander*, ofrece internet gratuito en gran parte de la ciudad a través de la red Wi-Fi para el uso de las diferentes aplicaciones gratuitas para teléfonos móviles, las cuales ofrecen todo tipo de información relacionada al transporte urbano, comercio, cultura y puntos de interés de la ciudad en realidad aumentada (turismo) con más de 2000 etiquetas RFID y QR [84].

La calidad de vida de las personas es muy importante en las *Smart City*, es por eso que en **Singapur** se establecen entornos seguros, buena conectividad y oportunidades educativas de calidad; también las áreas verdes son de gran importancia y por tal razón existen cerca de 300 parques, jardines, bosques de manglares, arrecifes de coral y enormes ecosistemas de biodiversidad [64] accesibles al público que incrementan las opciones de entretenimiento, cultura y diversión [66].

El acceso a la red *Wi-Fi* en las ciudades permite la conexión de manera gratuita a los usuarios con los diferentes dispositivos móviles y obtener información de interés de la ciudad.

En la Tabla 1.44 se resume el uso de la tecnología utilizada en cada uno de los proyectos antes mencionados.

Tabla 1.44. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Entretenimiento.

Ciudad/ País	Tecnología	Aplicación	Beneficio
Bogotá / Colombia	Red <i>Wi-Fi</i>	Ciudad y usuario conectados	Acceso a internet gratuito en el centro de la ciudad.
Santander / España	Red <i>Wi-Fi</i> , etiquetas RFID y QR	Turismo	Acceso a información de la ciudad.
Singapur / Singapur	Red <i>Wi-Fi</i>	Turismo	Acceso a información de la ciudad.

1.4.5.7 Gobierno (*Smart Government – Smart Economy*)

Smart Government definido como Gobierno Inteligente, implica la automatización y gestión informatizada de sus procesos para mejorarlos haciéndolos más simples, transparentes, accesibles y democráticos [107]. Además, considera que el ciudadano debe aportar con el desarrollo de la ciudad y trabajar conjuntamente con las autoridades locales. El gobierno electrónico es una herramienta eficaz que hace uso de las tecnologías para mantener una conexión directa con el ciudadano mejorando tanto la eficiencia administrativa del gobierno y la satisfacción del usuario.

En *Smart Government* se hace uso de Internet, oficina virtual, e-mail y sesiones de conexión remota aumentando la capacidad del gobierno para recibir y procesar información, cumpliendo así con la demanda de los usuarios.

Las *Smart City* requieren la capacidad de utilizar los recursos de manera eficaz y eficiente, deben tener plataformas digitales elásticas y flexibles; y los servicios que ofrecen deben tener la capacidad de integrar, coordinar y automatizar arquitecturas multi-sistemas [108].

Para mejorar la comunicación inter e intra-gubernamental se debe crear redes de colaboración mixta entre sector público, privado y la ciudadanía, integrando procesos y herramientas tecnológicas mediante una política para uso de datos abiertos y mejorando el desarrollo de plataformas abiertas que mejoren la transparencia pública y que promuevan la innovación en los servicios.

La Comisión Europea a través de su informe “*European eParticipation Summary Report*” [109] establece algunos mecanismos de participación electrónica que son más utilizados tales como: Peticiones electrónicas, Voto electrónico, etc.; y define los instrumentos de participación más utilizados principalmente por la ciudadanía a través de: Redes Sociales, Blogs, Foros, Video llamadas, etc.

En una *Smart City* el término *Smart Economy* hace referencia a la competitividad que ofrece una ciudad para su crecimiento y su desarrollo sostenible [97]. La economía inteligente establece un ecosistema industrial adecuado para la plataforma *e-Commerce* que facilite y aumente el número de transacciones de comercio electrónico.

En la Tabla 1.45 se mencionan a las ciudades con proyectos de éxito en el ámbito de Gobierno y Economía inteligente.

Tabla 1.45. Ciudades con Proyectos en el Ámbito de Gobierno y Economía Inteligente.

Ciudad/País	Proyecto
Taiwán / China	<i>Digital Financial Environment 3.0</i> , promociona servicios de pagos móviles [81].
Medellín / Colombia	Portal como canal de comunicación e interacción entre gobierno y ciudadanos [110].
Turku / Finlandia	Promueve la influencia cívica [111].
Albuquerque / Estado Unidos	Reducción de carga administrativa mediante recolección y gestión de datos [111].
Jalisco / México	Pago de impuestos a través de Internet [112].
Madrid / España	Incentiva la participación ciudadana mediante portal municipal [113].

En **Taiwán** se trata de promocionar los servicios financieros innovadores de Internet, popularizar las aplicaciones de pago vía móvil y de pago a terceros a la vez que promocionar la aplicación de análisis *Big Data* financieros para crear el llamado *Digital Financial Environment 3.0* [81].

A través del sitio www.MiMedellin.org [110] en **Medellín**, es posible acceder a trámites, programas y proyectos de las secretarías; también es posible el acceso a través de las

redes sociales tales como: Twitter, Facebook, Flickr, YouTube e Instagram. La alcaldía mediante su portal quiere tener un único canal de interacción entre la administración y los ciudadanos.

En **Turku** - Finlandia, se considera como buena práctica promover la influencia cívica; a través de la participación de los residentes locales para la toma de mejores decisiones, lo cual se destacó como un objetivo estratégico para esta ciudad mediante una decisión tomada por la administración (autoridades) local; para lo cual, la administración gobierna con transparencia gubernamental como es el caso de la publicación de los resultados de las auditorías internas en su portal web [111].

En **Albuquerque**- Estados Unidos, se dispone de una recolección de datos y gestión automática de los mismos, obteniendo una mejora del 2000% en la reducción de sus costos y carga administrativa.

En el **Estado de Jalisco**- México; por ejemplo, el pago de impuestos es una actividad desarrollada cada año por el gobierno local y para optimizar este servicio mediante una solución digital se debe ofrecer portabilidad, disponibilidad y fiabilidad, sin dejar de garantizar privacidad y seguridad al momento de realizar el pago. Esta solución puede ser mediante una arquitectura SDN incorporando el servicio en la nube para mejorar el acceso de los usuarios a las aplicaciones móviles, en donde los dispositivos se conectan directamente a la infraestructura mediante la capa de control [112]. Este servicio logra reducir la movilidad, la contaminación, el consumo de energía eficiente, lo cual aumenta la productividad de la ciudad y la hace más eficaz.

El municipio de **Madrid** incentiva la participación ciudadana a través del portal municipal [113], donde los diferentes ministerios pueden someter a consulta determinados anteproyectos de normas; así como también, planes, programas o cualquier acción para la aprobación y la creación de foros de debate, véase Figura 1.14 del portal de la Dirección General de Gobernanza Pública de Madrid 060.



Figura 1.14. Sitio web de la Dirección General de Gobernanza Pública de Madrid [113].

Tanto en Barcelona, San Francisco y Singapur hacen uso de la misma política para comunicación, flujo de información y acercamiento a los ciudadanos, la cual les ha permitido atender oportunamente las emergencias de los habitantes y mantener una ciudad con mejores servicios [84].

Uno de los ejes importantes de una *Smart City* es la administración de los gobiernos y para que ésta sea eficiente se debe mantener la comunicación con el ciudadano y considerar la aportación que hacen a la Administración Local. Además de la comunicación entre entidades gubernamentales como es el caso de la ciudad de México que tiene un acuerdo de ciudad a ciudad con Chicago que fomenta iniciativas en comercio, inversión e innovación.

En la Tabla 1.46 se resume el uso de la tecnología utilizada en cada uno de los proyectos antes mencionados.

Tabla 1.46. Resumen de Proyectos en el Ámbito de Gobierno.

Ciudad/ País	Tecnología	Aplicación	Beneficio
Taiwán / China	<i>Big Data</i>	Servicios de pago	Realización de pago mediante aplicaciones móviles.
Medellín / Colombia	Plataformas web	Servicios municipales	Establecer interacción entre la Administración Local y los ciudadanos.
Turku / Finlandia	Plataformas web	Información y Participación ciudadana.	Administración confiable.
Alburquerque / Estados Unidos	<i>Big Data</i>	Gestión automática de datos.	Reducir costos y carga administrativa.
Jalisco / México	<i>Cloud</i> , SDN, aplicaciones móviles	Pago de impuestos	Reducir movilidad, contaminación y consumo de energía.
Madrid / España	Portal web	Administración local.	Participación ciudadana.

1.4.6 Situación Legislativa en Ecuador y el Mundo

1.4.6.1 Legislación del Ecuador

En este apartado se revisa algunos de los documentos legales vigentes en el Ecuador, encargados de regular la prestación de los servicios de Telecomunicaciones, considerado como sector estratégico de conformidad al **Artículo 313 de la Constitución Acceso a la Información Pública y Comercio Electrónico**. Estos documentos, son de manera generalizada en la prestación de los servicios mencionados y cuyo objetivo es mejorar la prestación de los servicios, de acuerdo a las necesidades del desarrollo social y económico del país [114]. Así también, por ejemplo, en el artículo 16 de la Constitución consagra el derecho a todas las personas al acceso a bandas libres para el uso de redes de comunicación inalámbricas.

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones (Tercer Suplemento -- Registro Oficial N° 439 del 18 de febrero de 2015) [115] en el **Artículo 3.- Objetivos**, establece diecisiete objetivos dentro del tema de telecomunicaciones, uso del espectro radioeléctrico, y gestión de estaciones de radio y televisión; de los cuales los seis primeros están relacionados directamente al fortalecimiento de las telecomunicaciones [115]:

1. Promover el desarrollo y fortalecimiento del sector de las telecomunicaciones.
2. Fomentar la inversión nacional e internacional, pública o privada para el desarrollo de las telecomunicaciones.
3. Incentivar el desarrollo de la industria de productos y servicios de telecomunicaciones.
4. Promover y fomentar la convergencia de redes, servicios y equipos.
5. Promover el despliegue de redes e infraestructura de telecomunicaciones, que incluyen audio y vídeo por suscripción y similares, bajo el cumplimiento de normas técnicas, políticas nacionales y regulación de ámbito nacional, relacionadas con ordenamiento de redes, soterramiento y mimetización.
6. Promover que el país cuente con redes de telecomunicaciones de alta velocidad y capacidad, distribuidas en el territorio nacional, que permitan a la población entre otros servicios, el acceso al servicio de Internet de banda ancha.

Además, esta ley busca garantizar a los ciudadanos el derecho a acceder a servicios de telecomunicaciones de óptima calidad garantizados por los controles y precios justos; establece procedimientos de defensa para los usuarios con el fin de recibir

información precisa sobre el contenido y características de los servicios con condiciones idóneas que permitan elegir el servicio adecuado para el usuario. Es por eso que, en los objetivos nueve y quince se enfocan en el derecho de todas las personas al acceso en igualdad de condiciones al uso de bandas libres para la explotación de redes inalámbricas y que los servicios de telecomunicaciones sean de óptima calidad [115]:

9. Establecer las condiciones idóneas para garantizar a los ciudadanos el derecho a acceder a servicios públicos de telecomunicaciones de óptima calidad, con precios y tarifas equitativas y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características.
15. Facilitar el acceso de los usuarios con discapacidad a los servicios de telecomunicaciones, al uso de equipos terminales y a las exoneraciones y beneficios tarifarios que se determinen en el Ordenamiento Jurídico Vigente.

En la Tabla 1.47 se muestra el contenido de los artículos descritos en La Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el cual hace referencia al uso de frecuencias, administración del espectro, aprobación y vigencias de tasas y tarifas para el servicio de telecomunicaciones, derechos de usuarios.

El gobierno central de acuerdo con su utilización divide a las Telecomunicaciones en:

- Redes Públicas de Telecomunicaciones, y
- Redes Privadas de Telecomunicaciones.

Tabla 1.47. Artículos de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones [115].

Ley Orgánica de Telecomunicaciones		
Art. Definición de telecomunicaciones	5.- de	<i>Se entiende por telecomunicaciones toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, textos, vídeo, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por sistemas alámbricos, ópticos o inalámbricos, inventados o por inventarse. La presente definición no tiene carácter taxativo, en consecuencia, quedarán incluidos en la misma, cualquier medio, modalidad o tipo de transmisión derivada de la innovación tecnológica.</i>
Art. 10.- Redes públicas de telecomunicaciones		<i>Toda red de la que dependa la prestación de un servicio público de telecomunicaciones; o sea utilizada para soportar servicios a terceros será considerada una red pública y será accesible a los prestadores de servicios de telecomunicaciones que la requieran, en</i>

<p>nes</p>	<p><i>los términos y condiciones que se establecen en esta Ley, su reglamento general de aplicación y normativa que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.</i></p> <p><i>Las redes públicas de telecomunicaciones tenderán a un diseño de red abierta, esto es sin protocolos ni especificaciones de tipo propietario, de tal forma que se permita la interconexión, acceso y conexión y cumplan con los planes técnicos fundamentales. Las redes públicas podrán soportar la prestación de varios servicios, siempre que cuenten con el título habilitante respectivo.</i></p>
<p>Art. 13.- Redes privadas de telecomunicaciones.</p>	<p><i>Las redes privadas son aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas en su exclusivo beneficio, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su propiedad o bajo su control. Su operación requiere de un registro realizado ante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y en caso de requerir de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, del título habilitante respectivo.</i></p> <p><i>Las redes privadas están destinadas a satisfacer las necesidades propias de su titular, lo que excluye la prestación de estos servicios a terceros. La conexión de redes privadas se sujetará a la normativa que se emita para tal fin.</i></p> <p><i>La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones regulará el establecimiento y uso de redes privadas de telecomunicaciones.</i></p>
<p>Art. 67.- Interconexión</p>	<p><i>A los efectos de esta Ley, se entiende por interconexión a la conexión o unión de dos o más redes públicas de telecomunicaciones, a través de medios físicos o radioeléctricos, mediante equipos o instalaciones que proveen líneas o enlaces de telecomunicaciones para el intercambio, tránsito o terminación de tráfico entre dos prestadores de servicios de telecomunicaciones, que permiten comunicaciones entre usuarios de distintos prestadores de forma continua o discreta.</i></p>
<p>Art. 68.- Acceso</p>	<p><i>A los efectos de esta Ley, se entiende por acceso, a la puesta a disposición de otro prestador, en condiciones definidas, no discriminatorias y transparentes, de recursos de red o servicios con fines de prestación de servicios de telecomunicaciones, incluyendo</i></p>

cuando se utilicen para servicios de radiodifusión, sujetos a la normativa que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, la misma que podría incluir entre otros los siguientes aspectos: el acceso a elementos y recursos de redes, así como a otros recursos y sistemas necesarios; las interfaces técnicas, protocolos u otras tecnologías que sean indispensables para la interoperabilidad de los servicios o redes.

Las instituciones encargadas de la regularización y el control de los servicios de telecomunicaciones designadas dentro de esta Ley son: el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, siendo este el órgano rector de las Telecomunicaciones; y la Agencia de Regularización y Control de las Telecomunicaciones (**ARCOTEL**). La ARCOTEL es la entidad encargada de la administración, gestión, regulación y control de las Telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico.

La ARCOTEL también determina las obligaciones para garantizar la calidad, continuidad, eficacia, precios y tarifas, y expansión de los servicios de telecomunicaciones, así también garantizar el acceso igualitario al mismo.

Además, en el **Art. 22.- Derechos de los abonados, clientes y usuarios** numeral tres define el derecho al secreto e inviolabilidad del contenido de sus comunicaciones; y en el numeral cuatro el derecho a la privacidad y protección de los datos personales cursadas a través de las redes de comunicaciones por parte del prestador del servicio adoptando las medidas necesarias para garantizar la seguridad de la red y la protección de los datos.

En el **Art. 24.- Obligaciones de los prestadores de servicios de telecomunicaciones** numeral diecinueve cita que se debe garantizar la atención y resolución oportuna de los reclamos presentados por parte de los usuarios de acuerdo a los plazos que consten en la normativa. En el numeral veinticuatro señala que los prestadores de servicios deben contar con planes de contingencia en casos de desastres naturales o conmoción interna que garanticen la continuidad del servicio.

En el **Art. 78.- Derecho a la intimidad** señala que los prestadores de servicios de telecomunicaciones deberán garantizar la protección de los datos de carácter personal; en el numeral cuatro señala que la información suministrada por los clientes no podrá ser utilizada para fines comerciales ni de publicidad.

Considerando la importancia en su magnitud y la complejidad que conlleva el proveer servicios de telecomunicaciones, es importante e indispensable asegurar y mejorar permanentemente la prestación de estos servicios y la información contenida en los mismos, para lo cual **El Plenario de las Comisiones Legislativas del Congreso Nacional**, expide la **Ley Especial de Telecomunicaciones** N° 184 la cual tiene como objetivo normal la utilización y desarrollo de la transmisión de signos, señales e información por medios ópticos y sistemas electromagnéticos. En La Red Iberoamericana de Protección de Datos [116] se listan algunos artículos legales de la constitución del Ecuador en el tema de protección de los datos y el acceso a la red, definidos en la Ley Especial de Telecomunicaciones N° 184, en los Artículos 1, 14 y 39 mostrados en la Tabla 1.48; siendo este documento actualizado al Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones expedido el 28 de diciembre de 2015.

Tabla 1.48. Artículos 1, 14, y 39 de la Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reforma [116].

Ley Especial de Telecomunicaciones	
Art. 1.- Ámbito de la Ley	<i>La presente Ley Especial de Telecomunicaciones tiene por objeto normar en el territorio nacional la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos y otros sistemas electromagnéticos. Los términos técnicos de telecomunicaciones no definidos en la presente Ley, serán utilizados con los significados establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.</i>
Art. 14.-Derecho al Secreto de las Telecomunicaciones	<i>El Estado garantiza el derecho al secreto y a la privacidad de las telecomunicaciones. Es prohibido a terceras personas interceptar, interferir, publicar o divulgar sin consentimiento de las partes la información cursada mediante los servicios de telecomunicaciones.</i>
Art. 39.- Funciones	<i>A la Empresa Estatal de Telecomunicaciones EMETEL Ecuador le corresponde las siguientes funciones: a. Planificar los sistemas de telecomunicaciones nacionales e internacionales del país, dentro de su ámbito, de acuerdo con</i>

	<p><i>los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo de las telecomunicaciones, y del artículo 118 de la Constitución Política del Estado;</i></p> <p><i>b. Establecer, explotar, mantener y desarrollar los sistemas de los servicios de telecomunicaciones que se prestan en régimen de exclusividad por gestión directa del Estado conforme se define en el artículo 8 de esta Ley;</i></p> <p><i>c. En el ámbito del literal anterior, conformar empresas y compañías mercantiles con integración de capital privado y celebrar contratos de prestación de servicios;</i></p> <p><i>d. Promover la investigación científica y tecnológica en el área de las telecomunicaciones.</i></p> <p><i>e. EMETEL Ecuador ejercerá sus funciones con los criterios empresariales de eficiencia, efectividad y economía, en función social y pública, propendiendo a cubrir la demanda de los servicios de telecomunicaciones en el menor tiempo posible.</i></p> <p><i>EMETEL responderá ante los usuarios por la buena calidad de sus servicios.</i></p>
--	---

La gran importancia del uso de sistemas de información y de las redes electrónicas para el desarrollo del comercio, han permitido la concreción de múltiples negocios tanto en el sector público como privado, además de considerar necesario impulsar el uso de estos servicios para convertirlos en un medio para el desarrollo del comercio, educación y cultura. El Congreso Nacional expide la Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos (Ley N°. 2002-67) del 17 de abril de 2002 [117].

En la Tabla 1.49 se muestra el contenido de los artículos más relevantes mencionados en la Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos [117] en donde se mencionan aspectos como la confidencialidad que deben tener los datos de comercio electrónico y la protección de datos que deben elaborarse por las entidades de certificación acreditadas.

Tabla 1.49. Artículos citados de la Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos [117].

Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos	
Art. 5.- Confidencialidad y reserva	<i>Confidencialidad y reserva: “Se establecen los principios de confidencialidad y reserva para los mensajes de datos, cualquiera sea su forma, medio o intención. Toda violación a estos principios, principalmente aquellas referidas a la intrusión electrónica, transferencia ilegal de mensajes de datos o violación del secreto profesional, será sancionada conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás normas que rigen la materia.”</i>
Art. 9.- Protección de datos	<i>Protección de datos: “Para la elaboración, transferencia o utilización de bases de datos, obtenidas directa o indirectamente del uso o transmisión de mensajes de datos, se requerirá el consentimiento expreso del titular de éstos, quien podrá seleccionar la información a compartirse con terceros. La recopilación y uso de datos personales responderá a los derechos de privacidad, intimidad y confidencialidad garantizados por la Constitución Política de la República y esta ley, los cuales podrán ser utilizados o transferidos únicamente con autorización del titular u orden de autoridad competente. No será preciso el consentimiento para recopilar datos personales de fuentes accesibles al público, cuando se recojan para el ejercicio de las funciones propias de la administración pública, en el ámbito de su competencia, y cuando se refieran a personas vinculadas por una relación de negocios, laboral, administrativa o contractual y sean necesarios para el mantenimiento de las relaciones o para el cumplimiento del contrato. El consentimiento a que se refiere este artículo podrá ser revocado a criterio del titular de los datos; la revocatoria no tendrá en ningún caso efecto retroactivo.”</i>
Art. 13.- Firma Electrónica	<i>Son los datos en forma electrónica consignados en un mensaje de datos, adjuntados o lógicamente asociados al mismo, y que puedan ser utilizados para identificar al titular de la firma en relación con el mensaje de datos, e indicar que el titular de la firma aprueba y reconoce la información contenida en el mensaje de datos.</i>

Art. 32.- Protección de datos por parte de las entidades de certificación de información acreditadas	<i>Protección de datos por parte de las entidades de certificación de información acreditadas: “Las entidades de certificación de información garantizarán la protección de los datos personales obtenidos en función de sus actividades, de conformidad con lo establecido en el artículo 9 de esta ley.”</i>
---	--

La Ley de Comercio Electrónico, Firmas y Mensajes de Datos, permite regularizar los mensajes de datos, la firma electrónica y los servicios de certificación. Además de la prestación de servicios electrónicos a través de las redes de información incluyendo el comercio electrónico y la protección de los usuarios.

La firma electrónica es legalmente reconocida y válida tal y como si fuese una firma manuscrita, siendo su propietario el responsable de los documentos firmados.

También, en la Tabla 1.50 se muestran el contenido de los artículos mencionados en la Constitución del Ecuador [118] donde mencionan aspectos de la protección de datos personales y corporativos, inviolabilidad de la información y las excepciones de los datos protegidos.

Tabla 1.50. Artículos citados en la Constitución de la República del Ecuador.

Constitución del Ecuador	
Art. 66 Numeral 19	<i>“El derecho a la protección de datos de carácter personal, que incluye el acceso y la decisión sobre información y datos de este carácter, así como su correspondiente protección. La recolección, archivo, procesamiento, distribución o difusión de estos datos o información requerirán la autorización del titular o el mandato de la ley.”</i>
Art. 66 Numeral 21	<i>“El derecho a la inviolabilidad y al secreto de la correspondencia física y virtual; ésta no podrá ser retenida, abierta ni examinada, excepto en los casos previstos en la ley, previa intervención judicial y con la obligación de guardar el secreto de los asuntos ajenos al hecho que motive su examen. Este derecho protege cualquier otro tipo o forma de comunicación.”</i>
Art. 66	<i>“Toda persona, por sus propios derechos o como representante legitimado para el efecto, tendrá derecho a conocer de la existencia y</i>

Numeral 92	<p><i>a acceder a los documentos, datos genéticos, bancos o archivos de datos personales e informes que sobre sí misma, o sobre sus bienes, consten en entidades públicas o privadas, en soporte material o electrónico. Asimismo, tendrá derecho a conocer el uso que se haga de ellos, su finalidad, el origen y destino de información personal y el tiempo de vigencia del archivo o banco de datos.</i></p> <p><i>Las personas responsables de los bancos o archivos de datos personales podrán difundir la información archivada con autorización de su titular o de la ley.</i></p> <p><i>La persona titular de los datos podrá solicitar al responsable el acceso sin costo al archivo, así como la actualización de los datos, su rectificación, eliminación o anulación. En el caso de datos sensibles, cuyo archivo deberá estar autorizado por la ley o por la persona titular, se exigirá la adopción de las medidas de seguridad necesarias. Si no se atendiera su solicitud, ésta podrá acudir a la jueza o juez. La persona afectada podrá demandar por los perjuicios ocasionados."</i></p>
-------------------	--

Muchos servicios informáticos manejan información que puede ser privada, tanto personal como corporativa, por esta razón es necesario conocer las normas legales que la rigen.

También, en la Tabla 1.51 se muestra el contenido de los artículos que menciona la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública [119], la cual hace referencia a aspectos como el acceso a la información pública y el correcto uso de información confidencial.

Tabla 1.51. Artículos de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública	
Art. 1.- Principio de Publicidad de la Información	<p><i>“El acceso a la información pública es un derecho de las personas que garantiza el Estado. Toda la información que emane o que esté en poder de las instituciones, organismos y entidades, personas jurídicas de derecho público o privado que, para el tema materia de la información tengan participación del Estado o sean concesionarios de éste, en cualquiera de sus modalidades, conforme lo dispone la Ley</i></p>

Pública	<i>Orgánica de la Contraloría General del Estado; las organizaciones de trabajadores y servidores de las instituciones del Estado, instituciones de educación superior que perciban rentas del Estado, las denominadas organizaciones no gubernamentales (ONGs), están sometidas al principio de publicidad; por lo tanto, toda información que posean es pública, salvo las excepciones establecidas en esta Ley.”</i>
Art. 6.- Información Confidencial	<p><i>“Se considera información confidencial aquella información pública personal, que no está sujeta al principio de publicidad y comprende aquella derivada de sus derechos personalísimos y fundamentales, especialmente aquellos señalados en los artículos 23 y 24 de la Constitución Política de la República. El uso ilegal que se haga de la información personal o su divulgación dará lugar a las acciones legales pertinentes.</i></p> <p><i>No podrá invocarse reserva, cuando se trate de investigaciones que realicen las autoridades, públicas competentes, sobre violaciones a derechos de las personas que se encuentren establecidos en la Constitución Política de la República, en las declaraciones, pactos, convenios, instrumentos internacionales y el ordenamiento jurídico interno. Se exceptiona el procedimiento establecido en las indagaciones previas”.</i></p>

Los servicios contratados tanto por entidades públicas como privadas deben cumplir las normas legales que las rigen para evitar el uso malintencionado de la información confidencial y para mantener la transparencia de la información, misma que es catalogada como información pública.

Seguidamente, en la Tabla 1.52 se muestra el contenido de los artículos mencionados en la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos [120] en donde se mencionan aspectos que debe ser un sistema informático para entidades estatales y la seguridad con la que debe contar.

Tabla 1.52. Artículos de la Ley del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos.

Ley del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos	
Art. 23.- Sistema Informático	<i>“El sistema informático tiene como objetivo la tecnificación y modernización de los registros, empleando tecnologías de información, bases de datos y lenguajes informáticos estandarizados, protocolos de intercambio de datos seguros, que permitan un manejo de la información adecuado que reciba, capture, archive, codifique, proteja, intercambie, reproduzca, verifique, certifique o procese de manera tecnológica la información de los datos registrados. El sistema informático utilizado para el funcionamiento e interconexión de los registros y entidades es de propiedad estatal y del mismo se podrán conceder licencias de uso limitadas a las entidades públicas y privadas que correspondan, con las limitaciones previstas en la Ley y el Reglamento.”</i>
Art. 26.- Seguridad	<i>“Toda base informática de datos debe contar con su respectivo archivo de respaldo, cumplir con los estándares técnicos y plan de contingencia que impidan la caída del sistema, robo de datos, modificación o cualquier otra circunstancia que pueda afectar la información pública.”</i>

1.4.6.2 Legislación de Ciudades de éxito Smart City

En el siguiente apartado se mencionarán algunos de los artículos descritos en las diferentes Leyes de ciudades con casos de éxito en el ámbito de *Smart City*.

a. Colombia

En Colombia, La Ley N° 1341 del 30 de Julio de 2009 [121], define los principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC-; para lo cual crea la Agencia Nacional de Espectro, encargada de dictar algunas disposiciones”, como por ejemplo en el **Art. 3.- Sociedad de la Información y del Conocimiento**; *“El Estado reconoce que el acceso y uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el despliegue y uso eficiente de la infraestructura, el desarrollo de contenidos y aplicaciones, la protección a los usuarios, la formación de talento humano en estas tecnologías y su carácter transversal, son pilares para la consolidación de las sociedades de la información y del conocimiento”* [121].

Dentro de esta ley, el Ministerio de Comunicaciones cambia de nombre a Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, mismo que define cuatro objetivos mostrados a través del **Art. 17.- Objetivos del Ministerio** detallado en la Tabla 1.53.

Tabla 1.53. Ley para Servicios de Telecomunicaciones y Espectro Radioeléctrico en Colombia [121].

Ley N° 1341 para Servicios de Telecomunicaciones y Espectro Radioeléctrico		
Art. Objetivos del Ministerio	17.- del	<p><i>Los objetivos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. Diseñar, formular, adaptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en correspondencia con la Constitución Política y la ley, con el fin de contribuir al desarrollo económica, social y política de la Nación, y elevar el bienestar de las colombianas.</i> <i>2. Promover el uso y apropiación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones entre los ciudadanos, las empresas, el gobierno y demás instancias nacionales como soporte del desarrollo social, económico y político de la Nación.</i> <i>3. Impulsar el desarrollo y fortalecimiento del sector de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, promover la investigación e innovación buscando su competitividad y avance tecnológico conforme al entorno nacional e internacional.</i> <i>4. Definir la política y ejercer la gestión planeación y administración del espectro radioeléctrico y de los servicios postales y relacionados, con excepción de lo dispuesto en el artículo 76 de la Constitución Política.</i>

Esta ley promueve y fomenta el desarrollo de las TIC's para que el acceso a las mismas sea de manera eficiente y con igualdad para todos sus habitantes; es por eso que en el **Art. 19.- Creación, Naturaleza y Objeto de la Comisión de Regulación de Comunicaciones** se encarga de *“evitar el abuso de posición, regula los mercados de las redes y de los servicios de comunicaciones; con el fin de que la prestación de servicios sea económicamente eficiente, y refleje altos niveles de calidad”*.

b. Unión Europea

La **Normativa Legal de la Unión Europea**, está dirigida a todo lo relacionado con la seguridad jurídica, por ejemplo, las licitaciones públicas. Para lo cual, las TIC's son las encargadas de manejar y resolver estos requisitos de manera electrónica.

En el Reglamento de la Unión Europea (UE) N° 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Julio de 2104 [122], mismo que hace referencia a la identificación electrónica y los servicios de confianza de transacciones electrónicas en el mercado interior, propone reforzar la confianza de las transacciones electrónicas.

Dentro de este reglamento está considerada la Directiva 1999/93/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de diciembre de 1999 cuyo objetivo fue crear un marco jurídico armonizado para la prestación del servicio de firma electrónica y de servicios conexos, mismo que se resume en la autenticación de los datos mediante el uso de firmas electrónicas. La firma electrónica será utilizada en varias aplicaciones y servicios, tales como: servicios de registro, servicios de estampación de fecha y hora, servicios de guías de usuarios y servicios de asesoría; y, en los requisitos que establece la directiva para la creación de la firma electrónica y para garantizar su funcionalidad. Este reglamento debe aplicarse de manera que se cumplan plenamente los principios para la protección de datos personales; es por eso que los prestadores de servicios deben incluir buenas prácticas de seguridad en los riesgos relacionados en sus actividades con la finalidad de promover confianza al usuario.

La Administración General del Estado dentro de la Ley 11/2007, del 22 de junio, de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos [123] define un modelo general de administración electrónica permitiendo establecer un esquema de interoperabilidad. Reconoce el derecho de los ciudadanos a relacionarse con las Administraciones Públicas mediante el uso de medios electrónicos y que a partir del 31 de diciembre de 2009 obliga a poner a disposición de los ciudadanos y empresarios al menos un punto de acceso electrónico para que de manera sencilla accedan a la información y servicios de su competencia, como por ejemplo solicitudes, trámites de audiencia, realizar pagos, recibir notificaciones y comunicaciones remitentes de la Administración Pública permitiendo a los usuarios verificar el estado de sus trámites.

En la Tabla 1.54 se listan algunos de los derechos que tienen los ciudadanos, definidos dentro de la Ley de Acceso Electrónico.

Tabla 1.54. Derechos de los Ciudadanos definidos en la Ley de Acceso Electrónico.

Artículo 6. Derecho de los ciudadanos
<ul style="list-style-type: none"> • Al acceso electrónico a los servicios públicos de las administraciones locales, a través de múltiples canales.
<ul style="list-style-type: none"> • A usar la firma electrónica como un medio de identificación.
<ul style="list-style-type: none"> • A obtener copias electrónicas de documentos.
<ul style="list-style-type: none"> • A conservar un respaldo en formato electrónico de los documentos que formen parte de un expediente.
<ul style="list-style-type: none"> • A la confidencialidad y seguridad de los datos que se registren en las aplicaciones utilizadas.

Esta ley establece medidas para la preservación de la integridad de los derechos, en especial la seguridad de los sistemas, datos y comunicaciones en los Art. 3.2 al 3.4 descritos en la Tabla 1.55.

Tabla 1.55. Artículos de la Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos 11/2007.

Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos		
Art. Certificado Firma Avanzado	3.2.- de	<i>“La firma electrónica avanzada es la firma electrónica que permite identificar al firmante y detectar cualquier cambio ulterior de los datos firmados, que está vinculada al firmante de manera única y a los datos a que se refiere y que ha sido creada por medios que el firmante puede mantener bajo su exclusivo control.”</i>
Art. Firma electrónica reconocida	3.3 y 3.4.-	<i>“Se considera firma electrónica reconocida la firma electrónica avanzada basada en un certificado reconocido y generada mediante un dispositivo seguro de creación de firma. 4. La firma electrónica reconocida tendrá respecto de los datos consignados en forma electrónica el mismo valor que la firma manuscrita en relación con los consignados en papel.”</i>

Es por eso que la Ley 11/2007, garantiza la igualdad y accesibilidad a los servicios que son prestados de manera electrónica, así también a la seguridad y privacidad de los datos y de las comunicaciones entre ciudadanos y empresas.

c. Brasil

La ley establecida en **Brasil** (Ley N° 9.472, del 16 de Julio de 1997), tiene como objetivo dar cumplimiento a lo establecido en el **Art. 2 Numeral 1**, el cual menciona *“garantizar a toda la población el acceso a las telecomunicaciones, con tarifas y precios razonables y en condiciones adecuadas”*, además, en el **Numeral 2**, *“estimula la expansión del uso de las redes y servicios de telecomunicaciones para los servicios público en beneficio de la población brasileña”*; asignando así a la empresa pública el servicio de telecomunicaciones fijas conmutadas y a la empresa privada los demás servicios (telefonía móvil, banda anchas y TV de paga) [124], esto con el objetivo de estimular las inversiones en infraestructura de banda ancha, según indica el senador Flexa Ribeiro. Juárez Quadros, titular de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Anatel) [125].

Es por eso que en el **Título IV.- REDES DE TELECOMUNICACIONES, Art. 150.-** *“El despliegue, funcionamiento e interconexión de las redes deberán cumplir con las regulaciones emitidas por la Agencia, garantizando la compatibilidad de redes de diferentes proveedores de servicio, con el objetivo de armonización a nivel nacional e internacional”*.

Además, en el **Libro IV.- Reestructuración y Privatización Federal de las Compañías de TELECOMUNICACIONES** mediante los **Art. 186 y Art. 187** divide la administración de los servicios de telecomunicaciones

En las Leyes de los tres países antes mencionadas, el servicio de telecomunicaciones es administrado por el gobierno central a través de sus Ministerios de Telecomunicaciones y no existe artículo específico que describa parámetros técnicos para la instalación, distribución y uso de los servicios de telecomunicación, específicamente (Internet de banda ancha) o de proyectos de mejora del mismo.

d. Estados Unidos

Para el caso de Estados Unidos, la institución encargada de la regularización las comunicación interestatales e internacionales a través de radio, televisión, vía satélite y cable, es la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) [126] establecida con base en la Ley de Comunicaciones de 1934. Es una institución independiente del gobierno, pero supervisada por el congreso; y es la principal de los Estados Unidos para

establecer el derecho de las comunicaciones, regulación e innovación tecnológica. Además, es la encargada de promover la competencia, innovación e inversión en servicios e instalaciones de banda ancha, apoyar en la economía de la nación asegurando un marco competitivo apropiado para el desarrollo de la revolución de las comunicaciones, fomentar el uso más alto y mejor del espectro a nivel nacional e internacional, revisar las regulaciones de los medios para que las nuevas tecnologías florezcan junto con la diversidad y el localismo; y proporcionar liderazgo en el fortalecimiento de la defensa de la infraestructura de comunicaciones de la nación.

En la Ley de Comunicaciones de 1996 publicada el 8 de Diciembre de ese año [127], en el *Segundo Capítulo numeral 251. Interconexión*; indica que “*el operador de telecomunicaciones tiene el deber para interconectarse directa o indirectamente con las instalaciones y equipo de otras operadoras de telecomunicaciones*”

Dentro del *Segundo Capítulo numeral 254. Servicio Universal*; señala que los servicios disponibles deben ser de calidad, a precios justos, razonables y asequibles para las zonas rurales; y en su literal 3 señala que estas zonas deben tener acceso a servicios de telecomunicaciones avanzados y servicios de información razonables en comparación a las zonas urbanas. Además, se debe facilitar el acceso a los servicios avanzados de telecomunicaciones por parte de las Escuelas, los Centros Médicos y las Bibliotecas.

En esta ley en el TÍTULO V – OBSEÑIDAD Y VIOLENCIA; en el *Segundo Capítulo numeral 502. USO OBSEÑO O ACOSO DE LAS TELECOMUNICACIONES INSTALADAS BAJO LA LEY DE COMUNICACIONES DE 1934*, señala que “*mediante el uso de un dispositivo de telecomunicaciones se realiza, crea, solicita, inicia una transmisión que molesta, abusa o acosa a otra persona; será multado en virtud del Título 18 del Código de los Estados Unidos, o encarcelado en un tiempo no mayor a dos años, o ambas*”.

También en el *Segundo Capítulo numeral 252. Correspondiente al Fondo de Tecnología*, la cual es una “Política de los Estados Unidos”; y en el *numeral 714. Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones*, el propósito primordial es promover el acceso al capital para las pequeñas empresas y mejorar la competencia en la industria de las telecomunicaciones para estimular el desarrollo de las nuevas tecnologías y promover el empleo y formación en las mismas. También apoyar el servicio y promover la prestación de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales y urbanas desatendidas.

e. Estonia [128]

La Ley de Ciber seguridad aprobada el 09 de mayo de 2018 “*establece los requisitos para el mantenimiento de la red y de los sistemas de información esenciales para el funcionamiento de la red y de los sistemas de información de la sociedad*”, siendo en el número 8 correspondiente a la Obligación del proveedor de servicios, “*notificar el incidente cibernético, el cual no puede tardar más de 24 horas después de tener conocimiento del mismo; el incidente no puede continuar después del tiempo permitido de interrupción acordado en el nivel de servicio o establecido en los requisitos para la continuidad del servicio*”. En caso de que el proveedor no cumpla con la notificación, la Autoridad del Sistema de Información de Estonia puede notificar el incidente al público o persona afectada, informando también al proveedor de dicha notificación.

En el Capítulo 3 GARANTIZAR LA CIBERSEGURIDAD numeral 12, el proveedor debe garantizar la seguridad cibernética, prevenir y resolver un incidente cibernético en la medida prevista por la Ley; siendo así que la Autoridad del Sistema de Información de Estonia envía alertas a las personas para evitar o reducir el impacto del incidente.

2. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se estudiará en primera instancia la metodología a utilizar para cumplir con el desarrollo de este Trabajo de Titulación siendo ésta, la Metodología Investigativa. Seguido, se definirán los diferentes Niveles de Servicio que ofrecen las TIC's dentro de una estructura de *Smart City* y a partir de esta, plantear una propuesta de Arquitectura Conceptual, con la cual se pueda construir una infraestructura *Smart*. Además, se desarrollará una propuesta metodológica para que una ciudad tradicional se convierta en una ciudad inteligente, haciendo uso de las diferentes fases para la implementación de proyectos *Smart*. A fin de elaborar una propuesta adecuada del estudio realizado, se realizará encuestas para determinar estadísticamente el nivel de conocimiento en relación con los temas de *Smart City*.

2.1 Metodología Investigativa

Una Metodología está definida como la descripción, el análisis y la valoración de la información que ha sido obtenida a través de las diferentes referencias bibliográficas; así como también la Investigación, es un proceso creativo en el cual se encuentran dificultades imprevistas y obstáculos de todo tipo, hasta llegar al objetivo deseado.

Así la Metodología Investigativa se basa en el estudio y análisis de la información obtenida de diferentes fuentes bibliográficas, agrupando los elementos que se desean observar ya sea por su naturaleza, causa o efecto; y de esta manera analizar cada uno de ellos de manera más específica.

La Metodología Investigativa tiene como objetivo principal, producir conocimiento mediante la resolución de un problema establecido; es por eso, que esta metodología hace referencia a las decisiones tomadas para cumplir los objetivos, siendo que con la investigación es posible describir o detallar la realidad de situaciones presentadas de manera diferente a través de eventos, personas o entidades de las cuales se piensa analizar.

Teniendo en cuenta la Figura 2.1, se definen algunos pasos que se deben seguir para plantear la propuesta metodológica.



Figura 2.1. Metodología Investigativa.

La **Hipótesis** está enmarcada en la explicación del fenómeno a estudiar. Ésta se basa en observaciones y constituye a la reducción del problema planteado, llegando a producirse algo que puede ser verificado o demostrado a través de evidencia empírica o mediante una argumentación sustentada.

Siguiendo el ciclo de la metodología investigativa, la **Deducción**, misma que consiste en evaluar las diferentes afirmaciones desde lo general a lo particular, se puede determinar la **Predicción**, logrando con ello establecer el elemento principal dentro del proceso investigativo.

La **Observación** de los hechos y de los diferentes casos permite hacer una **Evaluación de las Predicciones** para un análisis posterior, considerando la información obtenida y registrada, ya que mediante el proceso de observación se puede obtener una gran cantidad de datos.

La **Inducción** es el proceso contrario a la **deducción**, es decir va desde lo particular a la general, lo que permite cambiar algunos razonamientos llegando así a replantear la hipótesis inicial hasta llegar a cumplir el objetivo establecido.

2.2 Niveles de Servicios TIC's

En una *Smart City* las TIC's son de gran importancia porque permiten encontrar soluciones usando la tecnología y además, permiten la conexión entre elementos y/o dispositivos capaces de comunicarse, ofreciendo así diferentes servicios.

Las TIC's, al igual que otras herramientas, son indispensables para el desarrollo y cumplimiento de un proyecto o servicios dentro de una *Smart City* facilitando el desempeño de quien las utilice; las tecnologías digitales, por sí solas, no hacen que una ciudad sea inteligente, sino el uso que se les da por parte de los ciudadanos o usuarios al momento de utilizar aplicaciones que generen diversos resultados, mismos que ayudan para realizar la toma de decisiones.

A continuación, se mencionan algunos de los niveles de servicios que servirán de guía y que se encuentran inmersos en el diseño de la infraestructura de una *Smart City*, siendo la mayoría de estos considerados para establecer el diseño de arquitectura en una ciudad inteligente.

2.2.1 Nivel de Servicios

Los servicios que brindan las *Smart City* se apoyan en las tecnologías, infraestructura y plataformas para satisfacer las necesidades requeridas por los usuarios. Estos servicios pueden ser públicos, privados o libres, los cuales son indispensables para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y asegurar la sostenibilidad de las ciudades. Por esta razón, es notable el incremento del uso de sensores, debido a que son los encargados de recolectar información para proporcionar servicios a los usuarios; por lo tanto, es prioritario contar con una red de sensores para el intercambio de información entre los dispositivos conectados y brindar información a los ciudadanos.

Mediante el uso de las tecnologías las empresas son capaces de ofrecer servicios de calidad a bajo costo, lo que hace crecer su competitividad. Es por eso, que las TIC's juntamente con las telecomunicaciones están presentes en todos los sectores y ámbitos que generan gran impacto en la actividad diaria de las personas, así como desde el área de la producción, educación y en los servicios de salud. Adicionalmente, con el procesamiento y transferencia de los datos ha sido posible transformar la producción de bienes y servicios en la sociedad y principalmente en su economía lo que hace al mundo más accesible y sostenible.

Dentro de una *Smart City*, los servicios también deben ser inteligentes, mismos que permitan mejorar y facilitar día a día las actividades para las que se encuentran desarrollados.

Además, las empresas privadas, especializadas en TIC's o servicios inteligentes, ayudan en la toma de decisiones para la implementación de nueva tecnología a través de su participación en la fase de diseño y planificación, fases inmersas en el desarrollo de un proyecto. Por ejemplo, dentro de las principales empresas con las que se debe contar están las que ofrecen el servicio de telecomunicaciones, para la conexión de red de banda ancha mediante redes fijas o móviles, la conexión de sensores y la transferencia de información. También están los proveedores de aplicaciones, los cuales ofrecen soluciones informáticas útiles y atractivas tanto para las empresas como para los usuarios. Estas empresas además de las aplicaciones también ofrecen los equipos necesarios para que el funcionamiento de estas sea más eficiente.

Las operadoras móviles también son consideradas importantes en la prestación de servicios móviles, siendo provechoso en el ámbito de la economía. Además, permiten integrar los datos de la ciudad, los ciudadanos, los servicios y de los dispositivos mediante la información recibida por los sensores.

Considerando la Figura 1.2 Cadena de Valor de una *Smart City* del **Capítulo 1, Apartado 1.5.2** se puede determinar los tipos de servicios que ofrecen los proveedores involucrados en el desarrollo de una *Smart City* y por lo tanto se plantea la Figura 2.2.



Figura 2.2. Servicio de los Proveedores en una *Smart City*.

Haciendo referencia a la Figura 2.2, tanto para los procesos de Recepción de datos y el proceso de Obtener Información de valor, se encuentran los proveedores de infraestructura de comunicación, los cuales proveen el acceso a los datos generados en la ciudad mediante contadores inteligentes y sensores ubicados estratégicamente

que permiten obtener datos relacionados al tráfico e infraestructuras urbanas, datos móviles, etc. Para esto, los proveedores deben contar con centros de datos de alta capacidad, escalables y conectados en una red ubicua.

En el caso de Toma de Decisiones, los proveedores ofrecen servicios a empresas que almacenan y analizan gran cantidad de datos, facilitando el acceso al resultado de estos y así poder tomar mejores decisiones.

Dentro de una ciudad eficiente, se encuentran 2 tipos de proveedores, los proveedores de servicios para usuarios finales, que se encargan de ofrecer únicamente la plataforma tecnológica para el usuario final, y los proveedores de servicio completo, que se encargan desde la conectividad hasta la implementación de la plataforma tecnológica de acceso.

Como proveedores de servicios para usuarios finales, están:

- Servicios para soluciones de movilidad y transporte,
- Soluciones de entretenimiento,
- Soluciones médicas (e-salud),
- Soluciones educativas,
- Soluciones en la Administración Local, etc.

Es por eso que, los proveedores son de mucha importancia en la implementación de un servicio, encontrándose entre la empresa u organización y el cliente. Los proveedores pueden considerarse como entes determinantes para el éxito o fracaso en la prestación del servicio. Por esta razón, es necesario gestionar de manera correcta las relaciones con el proveedor y establecer la calidad de servicio que es ofertada, ya que los servicios siempre deben estar disponibles de acuerdo con la infraestructura TI y a los requerimientos establecidos en los SLAs, de los cuales ITIL¹⁴ define 3 tipos detallados en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Tipos de SLA.

Tipo de SLA	Descripción
De Servicio	Cubre a todos los clientes de un mismo servicio

¹⁴ ITIL, conjunto de conceptos y buenas prácticas para la gestión de servicios de tecnologías de la información

Basado en el Cliente	Cubre todos los servicios contratados por el cliente
Multinivel Corporativo	/ Múltiples niveles de servicio de acuerdo con las necesidades del cliente

Además, en la Tabla 2.2 se detallan los aspectos que se deben considerar para ofertar un servicio.

Tabla 2.2. Aspectos de un Servicio.

Aspecto	Descripción
Calidad del servicio	El servicio satisface las necesidades del cliente.
Costo	Debe estar acorde a la oferta del mercado.
Flexibilidad	Capaz de adaptarse a las nuevas necesidades del cliente.
Experiencia	Conocimiento obtenido a través del tiempo.
Tiempo de respuesta	Brindar un tiempo de respuesta adecuado ante alguna incidencia.
Resolución de incidencias	Brindar una buena gestión de incidencias.

2.2.2 Nivel de Soporte

Dentro del Nivel de Soporte se contempla principalmente los servicios de monitorización y de seguridad de servicios ofertados por una *Smart City*, siendo necesario este nivel para garantizar el funcionamiento de los servicios y la seguridad de la información logrando con ello evitar el acceso y manipulación no autorizada a la misma. Además, dentro de este nivel es importante el manejo de los tiempos de respuesta ante algún inconveniente presentado en la infraestructura o en el servicio mismo. Por lo tanto, el Nivel de Soporte es primordial en una *Smart City* debido a que las redes en las ciudades inteligentes son la combinación de instalaciones tradicionales, pero hacen uso de tecnología moderna de monitorización, sistemas de información y telecomunicaciones haciendo posible que los servicios se brinden de mejor manera.

Por lo cual, la implementación de las diferentes infraestructuras necesarias para la prestación de los servicios TIC's, tales como enlaces de comunicaciones, procesamiento de datos, aplicaciones, etc., necesitan del nivel de soporte para su correcto funcionamiento. Es por esta razón, que deben cumplirse los acuerdos definidos en los SLAs para que el servicio tenga un nivel de funcionalidad correcto y adecuado, minimizando así los riesgos por cambios en la información producida por los diferentes entornos.

Dentro de este nivel se encuentra inmerso el monitoreo tanto del funcionamiento de los equipos, rendimiento de la infraestructura y de las diversas aplicaciones. Para monitorear las aplicaciones y que éstas tengan disponible su servicio, es necesario seguir una serie de técnicas que permitan determinar los factores que intervienen para que el servicio esté siempre disponible. También, este monitoreo permite obtener información para generar un informe detallado de la aplicación, así como de funcionamiento y/o errores presentados a través de indicadores de rendimiento, lo cual permite a los proveedores analizar los datos obtenidos y realizar informes para mejorar la eficiencia del servicio y ahorrar costos; también permite verificar fallos e interrupciones del servicio y así, calcular la disponibilidad y continuidad de este.

El monitoreo y la verificación de la capacidad de la infraestructura y de sus recursos permite conocer la capacidad disponible de los recursos tanto de almacenamiento, rendimiento y eficiencia necesaria. Consecuentemente, la capacidad debe estar alineada tanto a los requisitos actuales y futuros con la finalidad de vigilar, analizar, controlar y documentar su utilización. Es por eso, que el monitoreo de la gestión de la capacidad del servicio permite realizar un análisis de este para así determinar su rendimiento, y con ello desarrollar una mejor planificación para la prestación del servicio.

2.2.3 Nivel de Conocimiento

Una vez que la información ha sido obtenida de sensores u otro medio de recolección de datos, en el Nivel de Conocimiento se procesa y analiza la información para que se conviertan en datos mediante una arquitectura con tecnología como por ejemplo: el servicio de una plataforma en la nube usada como un SaaS (Software como Servicio) que permite procesar información desde diferentes tipos de dispositivos conectados a Internet o a una red Satelital tales como computadores, equipos celulares o GPS respectivamente. Además, permite analizarlos datos usando modelos sistemáticos o estadísticos con tecnología web para que se conviertan en información de valor.

La seguridad, privacidad y protección de los datos es muy importante al momento de adquirir o utilizar un servicio, debido a que la información se caracteriza por ser íntegra, confiable, legal y porque siempre debe estar disponible. En la Tabla 2.3 se detalla las características de la información.

Tabla 2.3. Características de la Información.

Característica	Detalle
Íntegra	La información es correcta, está completa y no presenta modificaciones, aunque la información puede modificarse durante un proceso de transcripción con las respectivas autorizaciones.
Confiable	La información es accesible únicamente a quien está dirigida.
Legal	La información cumple con los requisitos legales dentro de su ámbito.
Disponible	Los usuarios pueden acceder a la información cuando lo desean.

Al disponer de muchos servicios y de muchas fuentes de datos que crean nuevas aplicaciones, también se genera como riesgo el garantizar la disponibilidad del servicio, ya que la falla de cualquiera de ellos lleva consigo el mal funcionamiento de la aplicación o que la misma quede fuera de servicio.

Una plataforma Smart City está compuesta por la integración de infraestructuras y servicios que permiten obtener una gestión eficiente de los recursos de la ciudad, debido a esto, y mientras exista más interconexión e integración, aumenta el riesgo de vulnerabilidad de la información, o también este puede incidir en el fallo de una infraestructura, misma que puede afectar a toda la plataforma Smart por su dependencia. Por tal motivo, se consideran infraestructuras críticas a las infraestructuras de telecomunicaciones, de distribución de agua, de seguridad pública, de servicios de emergencia, de transporte y de los servicios de salud (sanidad).

Además de la infraestructura tecnológica para la prestación de los servicios, es importante que los servicios ofertados sean confiables y seguros ya que por esta razón existe resistencia por parte de muchos usuarios en el uso de las diversas aplicaciones tecnológicas. A esta resistencia se le atribuyen factores como el conocimiento, la confianza, la capacidad de aprendizaje y el entendimiento para el correcto y adecuado uso de las aplicaciones que se encuentran disponibles en beneficio de los ciudadanos.

También, para que una ciudad pueda transformarse en una ciudad inteligente es necesaria la participación de los ciudadanos. Por lo que, el uso de las redes sociales es considerado un medio de comunicación entre los ciudadanos y la administración local, cuyo objetivo es facilitar la interacción y participación aprovechando el conocimiento y experiencia de los ciudadanos para la provisión de los servicios por parte de la administración local. Para lo cual, es importante que la administración facilite a los ciudadanos información referente a las normas aprobadas en sus diferentes contextos y así la ciudadanía tenga el conocimiento suficiente para la aportación de nuevas y mejores ideas; logrando una administración eficiente y eficaz.

La unión del conocimiento, de la concentración y de las habilidades de las personas son términos asociados al concepto de *Smart Cities*, los cuales al relacionarse impulsan el desarrollo sostenible de la ciudad mediante el crecimiento de la productividad y la competitividad de la misma.

2.2.4 Nivel de Monitorización

El despliegue de una red de sensores instalados estratégicamente, permiten un monitoreo constante de parámetros medioambientales, del flujo de personas, del transporte y tráfico de la ciudad, y del consumo energético. Por esta razón, existen aplicaciones dedicadas al monitoreo de algún servicio en específico.

Las aplicaciones de monitoreo se encuentran inmersas principalmente en la monitorización ambiental, del tráfico, de disponibilidad de estacionamientos, de salud, de consumo energético y de estructuras. Por lo tanto, para obtener mejores resultados en el monitoreo es importante el uso de las redes móviles ya que permiten obtener información en tiempo real.

Por ejemplo, la monitorización del consumo energético ofrece información en tiempo real del consumo y generación eléctrica producida, la misma que es analizada para mejorar el servicio y reducir su consumo mediante una planificación que genere cambios en beneficio de sus usuarios concientizando su uso para generar ahorro en el pago por este servicio; para realizar este monitoreo de energía es mediante la implementación de una *Smart Grid*, ya que este no solo suministra energía, sino también información para ser analizada [129] y así garantizar el suministro eléctrico de una manera eficiente, sostenible y económica. Por lo tanto, la transición de la red debe permitir la automatización, monitorización y el análisis de datos de todas las

infraestructuras que la componen para así optimizar su funcionamiento y beneficiar tanto a proveedores como a los usuarios finales.

En [130] señala que la monitorización del tráfico en una ciudad puede hacerse mediante la conexión *wireless* de los sensores, por GPS o a través de cámaras de video vigilancia, los cuales envían información a los usuarios mediante los teléfonos móviles.

2.2.5 Nivel de Comunicaciones e Interoperabilidad

En una *Smart City* la Infraestructura de Comunicación e Interoperabilidad es esencial para la conexión entre los diferentes dispositivos (sensores), entre las personas y entre dispositivos y personas.

Siendo los medios de telecomunicaciones de gran importancia para lograr el concepto de ciudades inteligentes, se consideran como los más utilizados en la infraestructura *Smart City*: 3G, LTE, Wi-Fi, WiMax, ZigBee, Comunicaciones Satelitales, Televisión por Cable; cuyo objetivo es el de conectar toda clase de dispositivos (IoT) y sensores que ayuden a los ciudadanos a tener una mejor calidad de vida de manera cómoda y segura. Por lo tanto, con las diferentes tecnologías de comunicación se puede establecer una infraestructura más conveniente y segura para sus usuarios.

La combinación de redes inalámbricas fijas y móviles permiten la transmisión de los datos recopilados a través de los diferentes dispositivos y sensores, pero no es posible estandarizar su arquitectura de red debido a que en algunas áreas de la ciudad es posible que se disponga únicamente de una red móvil para la transmisión de los datos hasta las estaciones centrales de servicio o directamente hasta las plataformas de servicio.

La interoperabilidad en una *Smart City* debe asegurarse en todos los dominios de la ciudad mediante la compatibilidad de la tecnología y a través del uso de estándares comunes que permitan a los datos integrarse a diferentes bases de datos logrando crear sistemas más grandes y complejos. Por ejemplo, la *World Wide Web* (W3C) desarrolla protocolos comunes que aseguran la interoperabilidad de las páginas *web* y además promueven su evolución. En la actualidad los protocolos de comunicación que

están siendo utilizados como protocolos estándares son: HTTP / HTTPS para la capa de red y formatos de texto como por ejemplo XML¹⁵ o JSon¹⁶ para la capa de aplicación.

Es importante señalar que algunas de las tecnologías utilizadas para cada uno de los procesos en una *Smart City* tales como la tecnología para la recepción, transmisión, almacenamiento y análisis de datos ya se revisaron en el **Capítulo 1 Apartado 1.5.2**

En una *Smart City* no es posible aplicar un solo tipo de tecnología para todos los ámbitos porque cada una requiere de características específicas de acuerdo con sus necesidades, permitiendo así obtener una solución adecuada para cada ámbito o situación.

A continuación, en la Tabla 2.4 se muestran algunos de los protocolos más utilizados en las comunicaciones móviles, permitiendo así escoger la tecnología adecuada.

Tabla 2.4. Protocolos para Comunicaciones Móviles.

Protocolo	Banda	Alcance	Tasa de Bits
ZigBee	802.15.4 CSMA-CA	10 – 100 m al interior 1 km al exterior	2.4 GHz, 40Kbps
WiFi Low power	802.11 b/g CSMA-CD	50 – 70 m al interior <300 m al exterior	1, 2, 5.5, 11 Mbps
WiMax	Basado IEEE 802.16	Hasta 75 Km	Hasta 75 Mbps
GSM/GPRS	850/900/1800/1900 Mhz	100 m y 35 Km por celda	Hasta 85.6 Kbps

Dentro del Nivel de Comunicaciones, también están los dispositivos por los cuales la mayoría de las personas se mantienen conectados; tales como tabletas, iPads, *Smart Phones*, *Wearables*¹⁷, etc.; y estos dispositivos se comunican con etiquetas inteligentes a través de tecnologías inalámbricas o de la tecnología de radiofrecuencia

¹⁵ XML, metalenguaje que permite definir lenguajes de marcas desarrollado por el World Wide Web Consortium

¹⁶ JSon, formato de texto sencillo para el intercambio de datos

¹⁷ *Wearables*.- la tecnología wearables es dispositivo con un microprocesador que puede ser usado como una prenda de vestir.

RFID generando información que es enviada por ondas al usuario final y que este tenga conocimiento de lo deseado para determinar una solución.

Otra manera en la que los usuarios puedan mantenerse informados es mediante la lectura de código QR (*Quick Response*) a través de dispositivos que dispongan de una cámara y la aplicación correspondiente que permita la lectura de estos.

Existiendo así una gran cantidad de soluciones y/o aplicaciones que permiten a los usuarios interactuar con el mundo digital y facilitar sus actividades.

2.2.6 Nivel de Legalización

Dentro de este nivel se contempla a las instituciones encargadas de la regularización de los servicios de telecomunicaciones; para el caso del Ecuador la entidad encargada de monitorear y controlar los servicios de telecomunicaciones es la **Superintendencia de Telecomunicaciones** (SUPERTEL) [5]: Además, es la responsable de asegurar que el sector privado cumpla con todas las regulaciones establecidas en los contratos de telecomunicaciones.

Dentro del **Capítulo 1 Apartado 1.5.6** se revisó algunos de los documentos legales que se encuentran vigentes en el Ecuador y en países con casos de éxito en el ámbito de *Smart City*.

2.3 Propuesta de Diseño para una Arquitectura Conceptual

En el presente Trabajo de Titulación, se propone un diseño base de Arquitectura Conceptual para que una ciudad pueda brindar servicios de manera inteligente haciendo uso de la tecnología actual mediante una plataforma de servicios en la cual las aplicaciones y las redes de sensores estén conectadas a través de las aplicaciones web para su adecuado funcionamiento.

Es por eso, que para el diseño de la Arquitectura Conceptual se establecen seis niveles, considerando la segmentación de la cadena de valor de una *Smart City* y los primeros niveles de servicios descritos en el capítulo anterior, los cuales son: Nivel de Captación de Datos, Nivel de Interconexión, Nivel de Conocimiento, Nivel de Interoperabilidad, Nivel de Servicios Inteligentes y Nivel de Soporte, tal como se muestra en la Figura 2.3.

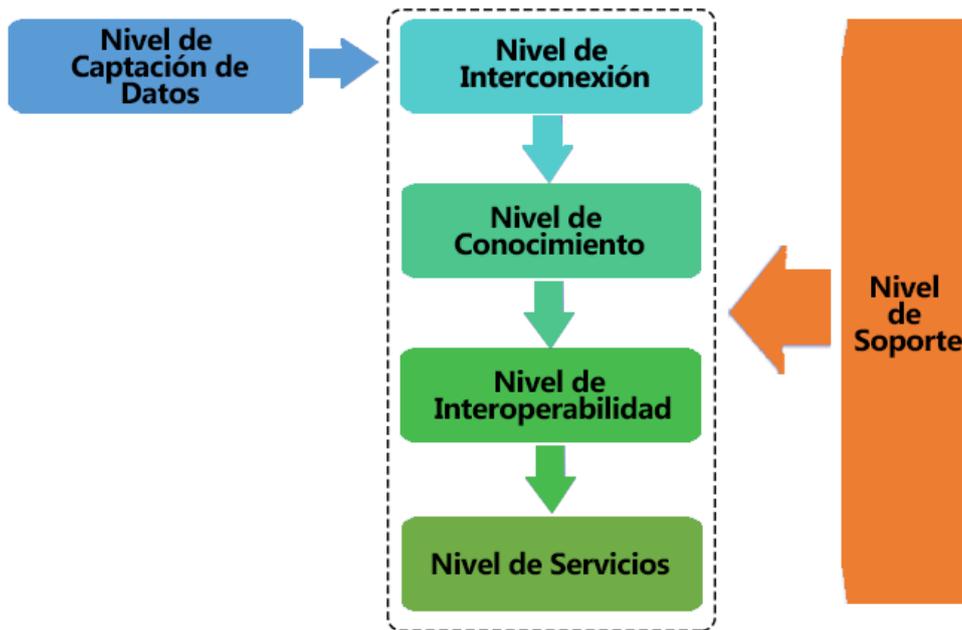


Figura 2.3. Niveles de la Arquitectura Conceptual.

Además, tomando en cuenta lo estudiado en capítulos anteriores, se ha establecido como nivel inicial de la Arquitectura Conceptual el **Nivel de Recolección o Captación de Datos** tal como se muestra en la Figura 2.4, dentro del cual es necesario contar con dispositivos conectados ya sea a una red pública o privada, por ejemplo, los semáforos conectados a una red pública y las redes sociales y smartphones conectados a una red privada, permiten la recolección de datos desde diferentes fuentes de información.



Figura 2.4. Nivel de Captación de Datos.

Los principales tipos de dispositivos y que con mayor rapidez generan datos son los sensores y las etiquetas RFID porque son utilizados en diferentes ámbitos, en especial para la movilidad, medioambiente y gestión de recursos (agua, energía eléctrica y residuos). En este contexto, el tipo de sensores más utilizados son los “Sensores de Proximidad”, los cuales ubicados estratégicamente en las calles permiten medir el tráfico de la ciudad y así generar reportes a los usuario para la toma de mejores decisiones como rutas alternativas; los sensores relacionados a la movilidad son usados de manera especial para mejorar el flujo vehicular, siendo estos los que se

destacan debido a que generan información referente a estacionamientos y por qué evitan la congestión vehicular, además, los Sensores de Velocidad permiten detectar la velocidad a la cual está recorriendo un vehículo y así generar alertas que eviten accidentes en las vías; los Sensores de Temperatura, Humedad o Medioambiental permiten obtener información tanto de la temperatura del ambiente, a través de impulsos eléctricos, del estado del clima como del estado de ríos, montañas, y así evitar eventos producidos por la naturaleza y que los ciudadanos puedan ser informados y evacuado a tiempo. Dentro de esos sensores también están los Sensores de Contaminación, encargados de monitorear la concentración de CO₂ en el ambiente.

En relación con la gestión de recursos, los Sensores de luz son relevantes por que permiten tener mejor eficiencia energética debido a su gran capacidad de respuesta ante el cambio de intensidad de la luz adaptándose así a la luz natural lo cual genera un ahorro mayor de consumo energético que juntamente con los Sensores de presencia permiten detectar movimientos logrando que el alumbrado público sea encendido o apagado según se lo requiera. Otros de los sensores vinculados a la gestión de recursos, son los Sensores de Residuos, utilizados principalmente en los contenedores de basura para gestionar de manera eficiente las rutas para los recolectores de basura.

Otro tipo de tecnología que permiten obtener información de nuestro propio cuerpo es la tecnología corporal "*Wearable*", el cual es un dispositivo de tamaño reducido con un microprocesador que puede ser usado como una prenda de vestir (smartwatch, zapatos deportivos, ropa).

A continuación, en el **Nivel de Interconexión**, después de la recolección de datos, se establece la conexión entre los diferentes dispositivos que son usados por los usuarios para obtener la información solicitada, para lo cual es importante conocer el tipo de desarrollo con el que se va a conectar y crear el vínculo para la prestación de servicio.

En la Figura 2.5 se muestra una propuesta para la conexión de las diferentes tecnologías.



Figura 2.5. Nivel de Interconexión.

En esta capa es importante definir el diseño de conexión que permita lograr una conexión estable y segura entre las partes interesadas, como es la interconexión con sistemas externos entre las APIs, sitios Webs, etc.; por ejemplo, determinar que tecnología de comunicación se va a utilizar, lo cual puede ser mediante tecnologías 2G, 3G, 4G, 5Go WiMax ya que estas tecnologías tienen diferencias entre sí vistas en el **Capítulo 1 Apartado 1.5.2 literal e**, el protocolo que se va a utilizar para establecer una mejor conexión y la utilización en el servicio. Es por eso, que para salvaguardar la información es importante establecer la seguridad desde la conexión entre nodos y para esto se pueden utilizar protocolos de encriptación tales como el protocolo WPA, y a nivel de capa de transporte se utilizan los protocolos SSL o SSH.

Por lo tanto, las aplicaciones deben soportar el uso de protocolos de encriptación, como lo es el protocolo HTTPS, y los dispositivos deben disponer de la capacidad necesaria para soportar conexiones encriptadas.

Dentro de esta capa también se maneja el tema de seguridad, y para ello el nivel de notificación es de gran importancia ya que permite conocer las fallas generadas mediante registros *logs*.

Seguidamente, el **Nivel de Conocimiento y Análisis** es considerado el motor de la inteligencia para la ciudad porque dependiendo de la capacidad de procesamiento de información, también es posible realizar el análisis de la información por lotes o en tiempo real. En este nivel se procesa y transforma los datos mediante la generación de modelos, análisis estadísticos, etc. llegando a obtener información de utilidad que va a ser considerada por los usuarios, autoridades de la administración local y empresas. El proceso más relevante dentro de este niveles la extracción de los datos desde las diferentes fuentes de información; lo cual permite a las *Smart Cities* cumplir con su objetivo principal que es mejorar la calidad de vida de sus habitantes y tener mejor acceso a los diferentes servicios.

En la Figura 2.6 se muestra una propuesta de los componentes que se encuentran en el Nivel de Conocimiento.



Figura 2.6. Nivel de Conocimiento.

Dentro del nivel de conocimiento también se hace referencia a la seguridad de la información que es transmitida en tiempo real, motivo por el cual una de las tareas inmersas es la autenticación de los usuarios, misma que permite la obtención de los permisos de acceso a los datos privados, la verificación de transacciones por pago de servicios, la confirmación del almacenamiento seguro de datos, el análisis del uso de servicios, etc.

En el **Nivel de Interoperabilidad** se incluye la transportación de los datos y la facilidad para la prestación de los servicios mediante interfaces, APIs y conectores; los cuales permiten el acceso seguro a la información que se encuentra en la plataforma desde medios externos como son los portales de datos abiertos y las aplicaciones que ofrecen información masiva de la ciudad como por ejemplo el tiempo de llegada de un autobús, ejecución de obras en algún punto de la ciudad, etc.; para lo cual se hace uso de tecnologías inalámbricas como WiFi o redes 3G y tecnologías cableadas [6]; establecer este tipo de comunicación se presenta como un gran reto, debido al incremento de conexiones entre dispositivos y sensores, mismos que se encuentran distribuidos por toda la ciudad.

En la Figura 2.7 se muestra una propuesta de los componentes que se encuentran en el Nivel de Interoperabilidad.

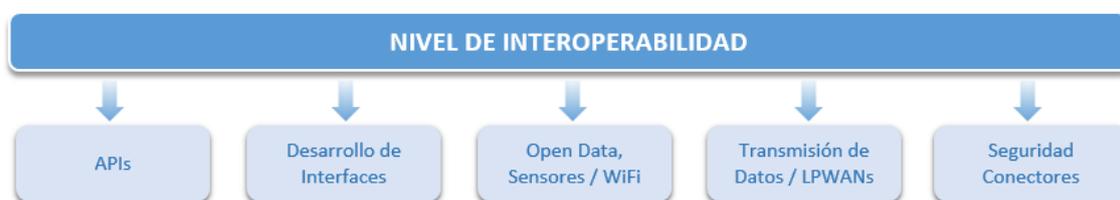


Figura 2.7. Nivel de Interoperabilidad.

La tecnología LPWANs (*Low-Power Wide Area Networks*) [131] se caracteriza por permitir la conectividad entre una gran cantidad de objetos, tales como sensores, los cuales son alimentados por baterías en un entorno M2M de manera inalámbrica a largo alcance, baja potencia y bajo costos en comparación a las redes móviles; pero

su limitación está representada por el ancho de banda, tasa de mensajes y por el tamaño de las tramas.

En una *Smart City* son muchos los servicios inteligentes que se pueden ofrecer mediante el **Nivel de Servicios** los cuales están orientados a facilitar la vida de las personas en los diferentes ámbitos.

En la Figura 2.8 se muestran algunos de los servicios que pueden ser prestados mediante el Nivel de Servicios.



Figura 2.8. Nivel de Servicios Inteligentes.

Para satisfacer los requerimientos y asegurar el buen funcionamiento de los niveles antes mencionados, se cuenta con el **Nivel de Soporte**, el cual es un nivel transversal que cubre a los demás niveles a través de los servicios de auditoría y monitorización, debido a que en todas se encuentra inmerso, el tema considerado de mayor importancia es la seguridad y privacidad de los datos, ya que puede verse afectada por el ataque a los centros de datos y a los sistemas de comunicación mediante virus, troyanos, gusanos, *loggers*, ataques de denegación de servicios distribuidos (DDoS¹⁸), actualizaciones limitadas, etc. Siendo los gusanos y la DDoS [8] los más peligrosos en el entorno de seguridad en los servicios en tiempo real de una *Smart City*, por lo tanto, existirán Protocolos de Seguridad, debido a la afectación en el rendimiento de sus sistemas. Para prevenir estos ataques se ha utilizado hardware (firewalls) y software (antivirus, malware), sistemas para la detección de intrusiones (IDS). Además, se crean e implementan medidas de seguridad, actualizaciones a los sistemas y medidas de autenticación mediante la opción de *Logging* y así identificar que el usuario que está ingresando sea el registrado y autorizado.

En la Figura 2.9 se muestran algunos componentes que integran el nivel de soporte.

¹⁸DDoS.- ataque de denegación de servicio distribuido y tiene como objeto inhabilitar un servidor, un servicio o una infraestructura.



Figura 2.9. Nivel de Soporte.

Una de las técnicas para autenticación más utilizadas es la *Private Information Retrieval* (PIR) la cual radica en implementar Protocolos de Autenticación de usuarios que consiste en solicitar más información para la identificación del usuario y ocultar la información correcta y correspondiente al mismo; también está el uso de pseudónimos para su autenticación.

Por lo general, los ataques van dirigidos a la base de datos, las comunicaciones y a la identidad de los usuarios, desarrollándose así, procedimientos para mantener la privacidad de los usuarios.

La criptografía y el control de acceso son las técnicas más utilizadas para proteger la privacidad en las telecomunicaciones y evitar la conexión de nodos no autorizados en las redes de acceso público. La criptografía puede ser utilizada en dispositivos con alta calidad de cómputo, como son los contadores inteligentes; pero en sensores puede no ser posible hacer uso de la criptografía debido a su capacidad insuficiente para realizar esta técnica.

El aumento de las interconexiones de servicios, empresas e infraestructuras representan el primer problema dentro de las plataformas para una *Smart City* debido a que aumentan las vías para la circulación de virus y los hackers utilizan estas interconexiones para ingresar a los sistemas y tener control sobre ellos.

Otro de los problemas en una plataforma *Smart City* puede presentarse por la falla en una de sus infraestructuras, lo cual puede ocasionar falla en cascada a varias infraestructuras de manera crítica. Este problema puede presentarse debido a la interrupción en uno de los subsistemas o por la desinformación de estos.

También, otro problema de seguridad en una plataforma *Smart City*, puede ser por la conexión entre el middleware con el resto de las plataformas y aplicaciones [9], misma que debe ser interoperable y estandarizada para que una *Smart City* tenga éxito.

Además, debe considerar técnicas basadas en los principios básicos de confidencialidad, integridad y autenticidad.

Dentro de las políticas de seguridad están incluidas las responsabilidades por funciones, medidas de seguridad, estrategias de seguridad y de negocio, y seguridad de la información a través de la mejora continua de los procesos y del seguimiento de estos. Así mismo, la ejecución de una política de respaldo mediante un cronograma establecido a fin de evitar pérdida de información o fallas en los servicios, y el soporte por áreas lo cual permite una mejor atención al usuario para solventar sus requerimientos.

Adicionalmente, dentro del Nivel de Soporte, se encuentra el subnivel de Seguridad, en el cual deben cumplirse los acuerdos definidos en los SLAs para que el servicio tenga un nivel de seguridad correcto y adecuado minimizando así los riesgos por cambios en la información producida por los diferentes entornos en especial por los mantenimientos establecidos a través del cronograma de mantenimiento, tanto para los sistemas como para la infraestructura, lo cual permite mejorar la disponibilidad del servicio y su contenido.

También, el monitoreo de la gestión de la capacidad a través de auditorías del servicio permite realizar un análisis de este para así determinar su rendimiento, y con ello desarrollar una mejor planificación para la prestación del servicio.

Una vez detallados los diferentes niveles que se tomarán en cuenta para establecer una Arquitectura Conceptual, en la Figura 2.10 se muestra el diseño unificado de la arquitectura planteada, con la finalidad de conocer y visualizar de mejor manera su funcionalidad y conectividad.

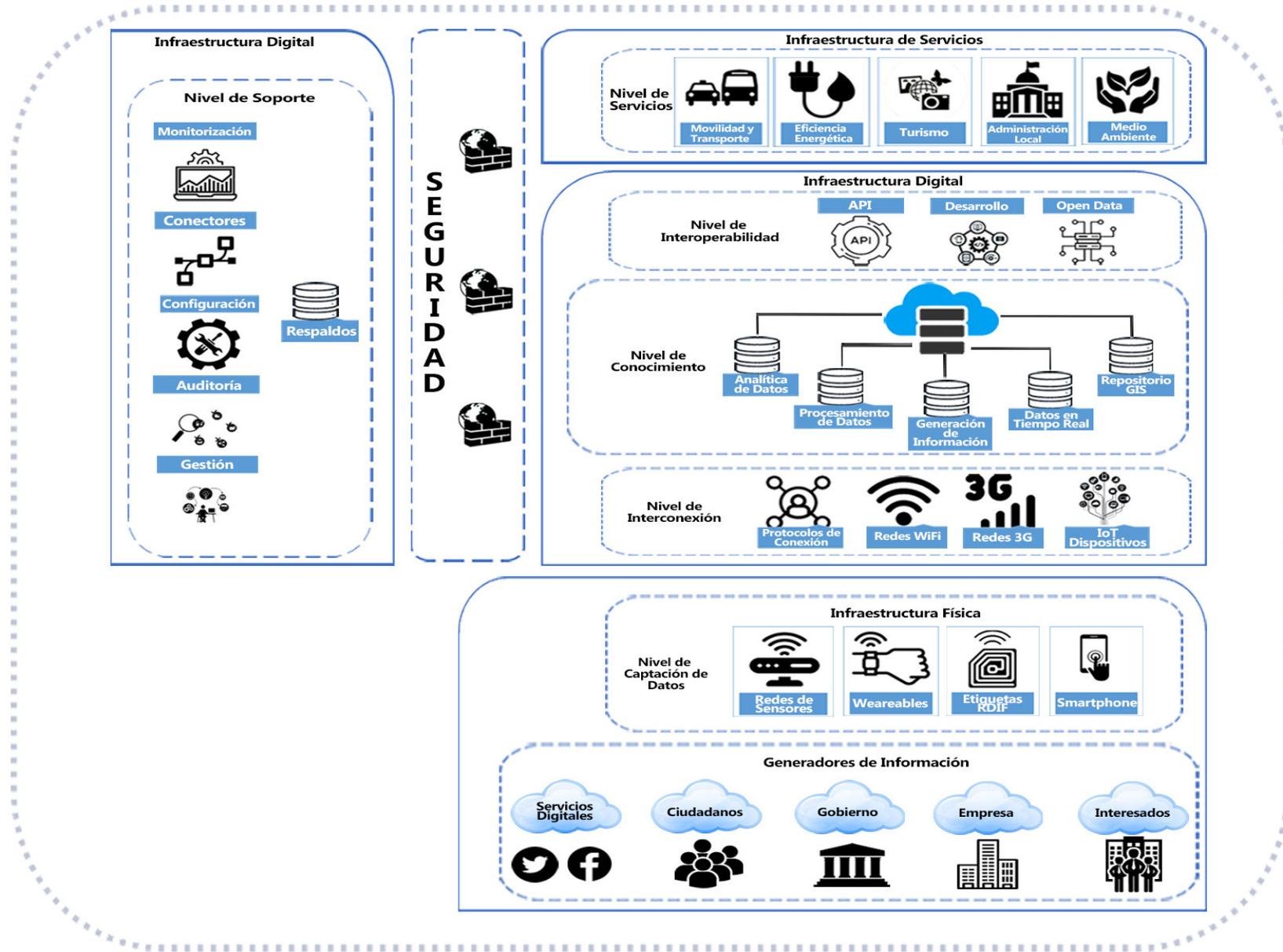


Figura 2.10. Diseño de Arquitectura Conceptual.

2.4 Propuesta Metodológica

Para que una ciudad sea considerada una *Smart City* es importante que la misma cuente con un buen líder capaz de establecer objetivos a largo plazo, que involucre a los ciudadanos en el proceso de identificar las necesidades y, de un gran esfuerzo principalmente de inversión por parte de la Administración Local. Además, es importante atraer a personas o grupos interesados en crear y formar parte de una ciudad inteligente; es por eso que uno de los objetivos de una *Smart City* es el de desplegar servicios que satisfagan las necesidades de sus habitantes. Por lo tanto, en la primera fase de implementación de un proyecto, lo que se busca es dar solución a los problemas existentes en la ciudad; y para tener éxito es necesario contar con la filosofía *Smart*, la cual consiste en combinar nuevas capacidades, nuevas maneras de pensar, nuevas estrategias y alianzas.

Adicionalmente, es necesario establecer pautas que permitan afrontar la transformación de la ciudad tradicional a ciudad inteligente, por lo cual es importante contar con una estrategia, y fijar una visión global a mediano o largo plazo, estableciendo objetivos y definir un modelo de ciudad alcanzable, el cual permita la evolución hacia una gestión más eficiente y sostenible. El enfoque que deben tener las ciudades para definir un modelo de referencia debe centrarse en la transparencia, el seguimiento, en la estrategia, en la interacción y principalmente en la tecnología.

En la actualidad no se dispone de indicadores que permitan determinar el nivel de inteligencia de una ciudad y tampoco existen parámetros definidos que indiquen si una ciudad es inteligente o no.

El gran impacto de las TIC's en la actualidad ha superpuesto, en todos los ámbitos, una evolución difícil de imaginar y adivinar el nivel y profundidad de su transformación; siendo por esta razón una herramienta para el desarrollo sostenible de las *Smart Cities*.

Considerando los pasos de la Metodología Investigativa detallada en el **Capítulo 2 Apartado 2.1**, se planteará una propuesta de migración hacia una *Smart City* y como caso de estudio el Distrito Metropolitano de Quito; a través del análisis del Estado del Arte desarrollado en el **Capítulo 1** es posible adentrarse en la fase de la Deducción que permita la evaluación de varias afirmaciones y así llegar a la fase de la Predicción mediante las diferentes conclusiones obtenidas para dar respuesta a que una ciudad (Quito) podría llegar a ser una ciudad inteligente. Mediante la fase de la Observación se puede analizar los diferentes proyectos existentes y planteados en los principales

ámbitos de la ciudad, mismos que van a ser evaluados con una visión global o local considerando la dimensión de los proyectos. A través de la Inducción determinar los avances de los diferentes proyectos que se encuentran implementados en la ciudad con lo cual se puede deducir si tiene el grado de madurez necesario para ser una *Smart City*.

El objetivo de la presente Propuesta Metodológica es brindar una guía sobre los pasos a seguir para la implementación de una estrategia que permita migrar de una ciudad tradicional a una *Smart City*, la misma que debe abarcar a todos los servicios de la ciudad, así como también, la transformación de su infraestructura urbana y los cambios en los modelos de gestión.

Adicional a los pasos definidos en la Metodología Investigativa, se plantean las siguientes fases vinculadas para el desarrollo de la presente propuesta:

- a) **Estructuración del Equipo de Trabajo:** Dentro de esta fase se debe contar con un líder, mismo que va a ser el responsable del seguimiento e implementación del proyecto. Además, debe tener la capacidad de agregar socios y aliados estratégicos; y de establecer el equipo de trabajo que garantice la puesta en marcha del proyecto. Este equipo debe estar conformado por representantes de cada área, con altos conocimientos técnicos para analizar e identificar diferentes situaciones de la ciudad, tomar decisiones estratégicas y operacionales, así como también, participar activamente para proponer soluciones en el desarrollo del proyecto.
- b) **Análisis de la Situación Actual de la Ciudad:** El análisis de la ciudad debe realizarse con relación a las personas que la habitan, la economía de la ciudad, la tecnología y los recursos que dispone; lo cual corresponde a un análisis de las fortalezas y debilidades de la ciudad que abarque todas las características y/o ámbitos que conforman la misma. Además, es necesario diagnosticar los problemas actuales y posibles problemas a futuro, considerando la realidad de la Administración Local, teniendo presente las limitaciones que tenga la ciudad y la complejidad de cada uno de los proyectos que se quieran desarrollar. Para lo cual se presenta como un gran reto la urbanización, la infraestructura tecnológica de la ciudad (cobertura, velocidad y tipo de conexión para la comunicación de los datos por banda ancha), sistemas y equipos.
- c) **Definición de la Misión, Visión y Objetivos:** En esta fase se debe determinar hacia dónde quiere llegar la ciudad en cada uno de sus ámbitos, es decir, se

deben definir objetivos a corto, mediano y largo plazo, los cuales deben estar enfocados en la Misión con el fin de obtener una ciudad sostenible.

- d) **Priorización de Servicios:** Establecer prioridades a las necesidades de la ciudad, para proponer el Plan de Acción con inversiones a corto, mediano y largo plazo hasta llegar a la sostenibilidad.
- e) **Elaborar Plan de Acción:** Este plan será la guía para el desarrollo de una serie de acciones y medidas factibles de una estrategia. Es por eso que para llegar a ser una Ciudad Inteligente, se debe definir un Plan Estratégico, “Hoja de Ruta”, con fundamentos entorno a un Modelo de Ciudad a mediano y largo plazo, donde se permita diseñar el futuro deseado con los proyectos necesarios para lograr los objetivos planteados, con el aumento de acciones e iniciativas sobre la estrategia planteada. Además, se debe aplicar criterios acertados para la planificación e implementación que consolide el trabajo y la coordinación entre los diferentes actores que la intervienen y del alto nivel de liderazgo de las personas encargadas de guiar los procesos.

Para desarrollar la “Hoja de Ruta”, es necesario determinar el nivel *Smart* en el que se encuentra la Administración Local, mediante la evaluación de los servicios públicos que brinda a los ciudadanos; para lo cual en [10] se determina 4 niveles *Smart* como se muestran en la Figura 2.11.



Figura 2.11. Niveles Smart.

A estos niveles se los determina en base al tipo de servicio ofertado, de los cuales se considera principalmente a:

- Los Servicios que son destinados a la ciudad,
- Servicios destinados a la atención del usuario (servicios municipales), y
- Servicios considerados base para la transformación de la ciudad a inteligente.

En la Tabla 2.5 se muestra un esquema para determinar los niveles *Smart* para la Administración Local [10].

Tabla 2.5. Niveles *Smart*.

Nivel Básico	Nivel Inicial	Nivel Intermedio	Nivel Avanzado
La Administración Local no cuenta con ninguno de los tres tipos de servicios determinados en la planificación estratégica.	Dispone con alguno de los tres tipos de servicios marcados como prioritarios y que está desarrollado en su totalidad.	Debe establecer sus proyectos en el nivel máximo de los tres tipos de servicios marcados como prioritarios.	Para iniciar el proceso de transformación, la ciudad deberá realizar la conexión de al menos dos de los servicios prioritarios con sus proyectos establecidos.

Es posible establecer a una ciudad como *Smart* una vez que haya realizado la conexión total de todos los servicios sin descartar las prioridades de los proyectos dentro de los ámbitos establecidos, y más aun desarrollando proyectos considerados de baja prioridad. Por lo tanto, el proceso por cada nivel es repetitivo en cada uno de los proyectos que se hayan desarrollado y que van a ser implementados e interconectados. Una vez integrados los servicios públicos, entonces se podrá decir que la Administración Local ha alcanzado un “**Nivel Conectado**”, es decir, que los servicios deben desarrollarse hasta alcanzar su nivel máximo, logrando así gestionar de manera eficiente y automática su infraestructura urbana y mejorando la prestación de sus servicios, lo que permite identificar nuevas necesidades y nuevos servicios anteponiéndose a futuros problemas.

f) Financiamiento e Inversión: Existen organizaciones interesadas en proyectos de desarrollo autosustentables que facilitan recursos económicos, por lo que es importante realizar un estudio financiero que permita conocer y dimensionar la búsqueda de colaboraciones ya sean públicas o privadas, aliados e interesados en realizar inversiones para incorporar soluciones inteligentes; convirtiéndose en una inversión a largo plazo y obteniendo ahorros económicos significantes para la ciudad. En esta fase tiene gran importancia la disponibilidad del presupuesto asignado y la obtención de financiamientos o ayudas pertinentes para la ejecución y mantenimiento de los proyectos establecidos.

Debido a la falta de asignación de recursos económicos muchas ciudades han retrasado su proceso de transformación, es por eso que la colaboración y alianza entre el sector público y privado es de gran importancia en este proceso de transformación y cambio.

g) Establecer Alianzas y Colaboraciones: En esta fase se establecen alianzas y convenios de colaboración con entidades que desean implicarse y formar parte del proceso de desarrollo; estas instituciones pueden ser: universidades, empresas públicas/privadas y la ciudadanía.

h) Difusión del Proyecto: Para que los proyectos de una ciudad inteligente tengan éxito también es necesaria la comunicación y/o difusión de los mismos a la ciudadanía, la cual puede ser mediante los diferentes medios de comunicación (radio y televisión); así como también, el uso de las redes sociales. Además, es importante dar a conocer sobre el funcionamiento y objetivos del proyecto implementado.

i) Resultados, Monitoreo y Evaluaciones: El análisis y la evaluación continua de los resultados deben tener un registro, que permita identificar las mejoras alcanzadas; para el caso de una *Smart City* estos son medidos y alcanzados de acuerdo con los resultados obtenidos a largo plazo en el ámbito económico, social y medioambiental.

Inicialmente la implementación de los proyectos puede darse a través de proyectos piloto, que permitan llevar un seguimiento, monitoreo y control del mismo de manera continua, y de ser el caso ejecutar acciones para su modificación o refuerzo en el trabajo ejecutado.

En conclusión, en la Figura 2.12 se muestra de manera gráfica las fases de la metodología propuesta; así como los pasos de la metodología investigativa que intervienen para el cumplimiento de cada una de ellas.

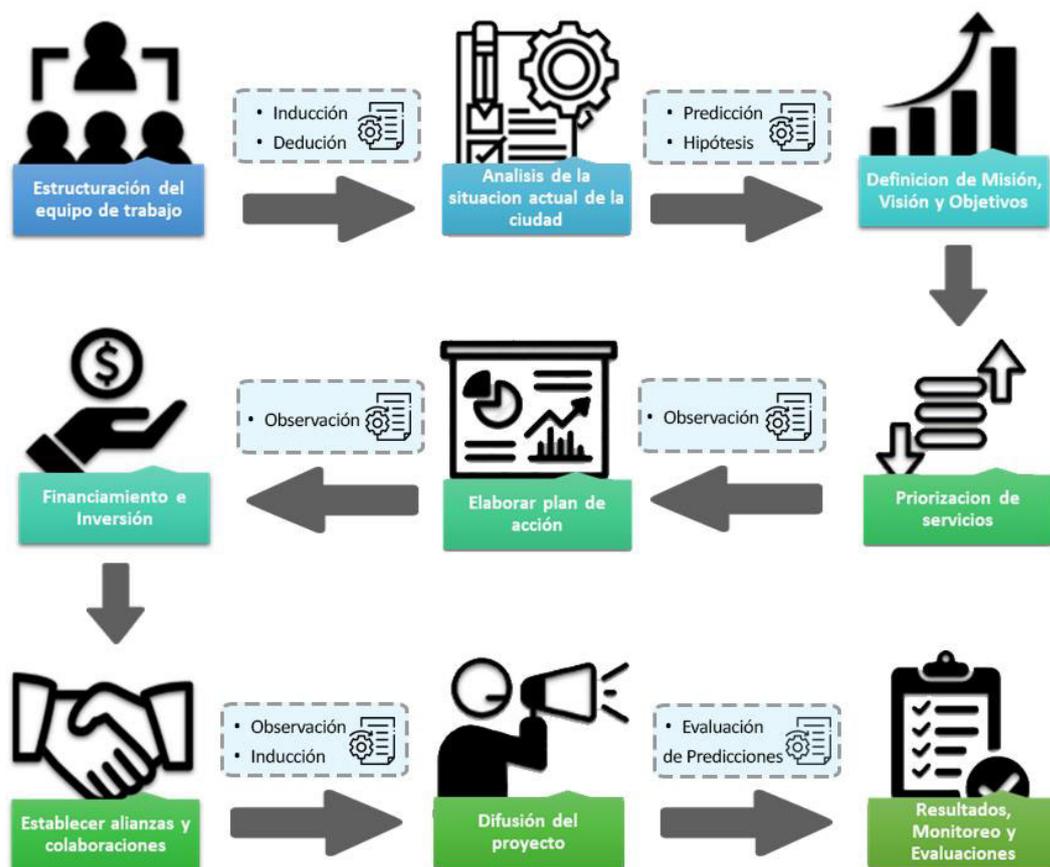


Figura 2.12. Fases de Propuesta Metodológica.

Las ciudades para convertirse en ciudades inteligentes deben hacer grandes inversiones en infraestructura tecnológica. Toda la ciudad debe contar con una gran plataforma TIC y así lograr la integración de la información con los diversos sistemas disponibles que permitan mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Por lo tanto, para el diseño de una infraestructura y de los sistemas se debe considerar el entorno en el que van a ser utilizados debido a que no todos los sistemas funcionan de la misma manera y cumplen los mismos objetivos.

El diseño de una infraestructura también es considerado como limitante para que una ciudad llegue a ser inteligente debido a su alto costo o su adicional implementación.

2.4.1 Propuesta de Infraestructura Tecnológica para los Ámbitos considerados

Una infraestructura *Smart City* está compuesta por hardware y software. Siendo los sensores los principales componentes de la parte de hardware, y en la parte correspondiente al software están incluidas las aplicaciones para entregar servicios, estas aplicaciones son alimentadas por la información obtenida por parte de los diferentes dispositivos de captación como por ejemplo sensores, dispositivos IoT y plataformas sociales.

En las nuevas plataformas tecnológicas se debe incluir las redes de tecnología 4G y 5G, Internet de banda ancha, sistema para comunicación mediante telefonía, plataformas para redes sociales, videoconferencias, almacenamiento de recursos como *Cloud*, repositorios de información, plataforma para analítica de datos, un servicio de soporte y un sistema de monitoreo para el comportamiento de los sistemas utilizados en la ciudad. Es decir, la infraestructura tecnológica de una ciudad inteligente debe ser interoperable con un diseño que sea flexible y que permita cambios (actualizaciones) para mejoras en el futuro.

Además, para la implementación de una infraestructura *Smart* es necesario realizar un estudio previo de la infraestructura con la que cuenta la ciudad, con el objetivo de determinar el tipo de tecnología que se va a implementar, así como también, los diferentes dispositivos que se adapten a la geografía de la ciudad con el fin de disponer de cobertura en la mayoría de sectores de la ciudad.

También, es importante considerar los tipos de servicios que pueden ofertarse de acuerdo a la topología, tecnología y necesidad de la población.

A continuación, en la Tabla 2.6 se plantea una propuesta para una infraestructura de *Smart City* misma que está enfocada en los ámbitos de movilidad, educación, economía, gobierno, medio ambiente y entretenimiento; ámbitos considerados como prioritarios dentro de una ciudad inteligente y tomando en cuenta los niveles antes mencionados para la implementación de los servicios requeridos y así mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Tabla 2.6. Herramientas Tecnológicas para los diferentes Niveles y Ámbitos *Smart City*.

NIVELES	ÁMBITOS					
	<i>Smart Mobility</i>	<i>Smart Government / Economy</i>	<i>Smart People / Education</i>	<i>Smart Energy - Government</i>	<i>Smart Environment</i>	<i>Smart Living / Entertainment</i>
Nivel de Captación o Recolección de Datos	<ul style="list-style-type: none"> - Redes de sensores - Dispositivos móviles - Uso de sensores de proximidad y de velocidad - Etiquetas RFID, NFC (comunicación por proximidad) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móviles - Tiendas virtuales 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móviles - Redes sociales 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de sensores - Dispositivos móviles - Sensores para Smart Grid 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de sensores ambientales: fotoeléctricos, de luz, emisiones de gases - Sensores de contaminación - Sensores de presencia y de luz - Sensores y Antenas duales (GPRS/GPS) en recolectores 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móviles - Tecnología wearable (<i>Smartwatch</i>)
Nivel de interconexión “2G, 3G, 4G, NB-”	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura Movil - Tecnología 4G, 5G, eLTE-IoT - Zonas Wifi - Comunicación entre vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnología 4G o 5G de (100 Mbps) - Zonas Wifi 	<ul style="list-style-type: none"> - Radiobases móviles - Redes de banda ancha - Tecnología M2M 	<ul style="list-style-type: none"> - Conexión mediante protocolo HTTPS - Tecnología 4G o 5G de 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmisores inalámbricos - Microprocesadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos IoT

IoT, eLTE-IoT	(V2V) - Dispositivos M2M		- Zonas Wifi	(100 Mbps)		
Nivel de Conocimiento	- Cloud Computing - Centro de Monitoreo Inteligente	- Uso de redes sociales - Aplicaciones/Portales de participación ciudadana	- Conexión entre instituciones educativas	- Centro de Monitoreo Inteligente	- Controladores de iluminación	- Agendas culturales digitales
Nivel de Interoperabilidad	- Sistema inteligente de transporte (ITS) - Uso de paneles digitales informativos	- Dispositivos móviles - Pantallas informativas	- Sistemas de Interconexión y Georeferencia	- Plataforma IoT - Dispositivos móviles	- Radiobases móviles - Contadores inteligentes para el consumo de	- Dispositivo IoT
Nivel de Servicios	- Control de tráfico - Gestión de transporte público - Implementación de electrolineras - Semaforización, señalética y paneles inteligentes - Estacionamientos, aplicaciones para	- Portal informativo de proyectos - Trámites y Pagos On-Line - Gobierno abierto - Aplicaciones informativas para el turismo - Portal de empleos - Servicios eléctricos	- Servicios de inclusión digital - Contenidos educativos - Plataformas e-learning - Redes de	- Pago y trámites online - Gobierno Abierto - Mantenimiento de la Infraestructura de la ciudad - Rehabilitación de	- Recolección de Residuos - Iluminación de vías, utilización de luminarias LED y realización de control de luminosidad - Conservación de espacios verdes, siego inteligentes de riego	- Telemedicina (teleconsultas, telediagnóstico) - Videovigilancia - Servicios electrónicos para pagos de entradas a eventos - Servicios electrónicos

	<p>realizar pagos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Servicios para uso de bicicletas públicas - Uso de Geolocalización en rutas – wifi público 	<p>para emprendedores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementación de pantallas informativas de la ciudad - Información geográfica de la ciudad 	<p>colaboración entre instituciones</p>	<p>Patrimonio</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Control de contaminación ambiental - Software de seguimiento, gestión y monitoreo 	<p>para uso de instalaciones deportivas y educativas (bibliotecas)</p>
Nivel de Soporte	<ul style="list-style-type: none"> - Perfil de usuario - Registro de usuario y contraseña - Uso de Antivirus 					

Adicionalmente, en la Figura 2.13 se muestra un prototipo de infraestructura para *Smart City* en la ciudad de Quito, teniendo en cuenta algunos servicios principales con los que debe contar la ciudad, tales como: Servicios básicos (agua y luz), Movilidad y Salud. En este prototipo se considera la arquitectura conceptual propuesta.

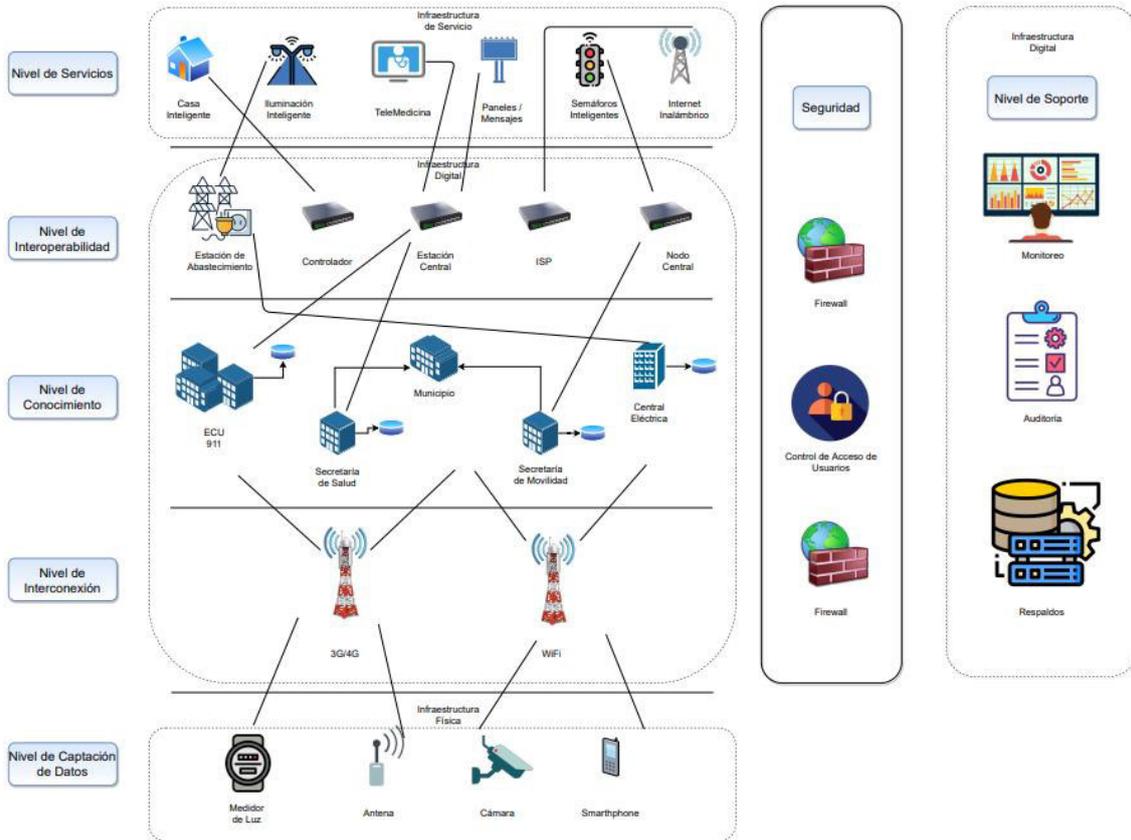


Figura 2.13. Infraestructura *Smart City*.

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Situación Actual de Quito

La ciudad de San Francisco de Quito, capital de la República del Ecuador, cuenta con 2 millones de habitantes en el área metropolitana y 2.8 millones en todo el cantón aproximadamente; el incremento constante de la población genera mayor consumo de los recursos provocando inconvenientes en la ciudadanía, tales como:

- Aumento de tráfico vehicular.
- Contaminación ambiental.
- Inseguridad.
- Aumento de consumo de agua y luz.
- Poca capacidad en tratamientos de residuos líquidos y sólidos.

La Administración Local se encuentra trabajando para que Quito se convierta en una ciudad digital, considerando ejes tales como: el acceso, innovación tecnológica y convivencia ciudadana; con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos mediante el uso de la tecnología.

Adicionalmente, la participación ciudadana busca que los ciudadanos colaboren de manera activa en las acciones que ejecuta la Administración Pública, con criterios inclusivos de integridad y responsabilidad para encontrar conjuntamente la solución a los problemas de interés público.

En la Figura 3.1 se muestran los Niveles de Participación Ciudadana empleados a nivel nacional y local; con el fin de obtener una participación más activa y ordenada tomando en cuenta los diferentes aspectos como instancias, mecanismos, procedimientos y los diferentes instrumentos de participación que intervienen en cada nivel.

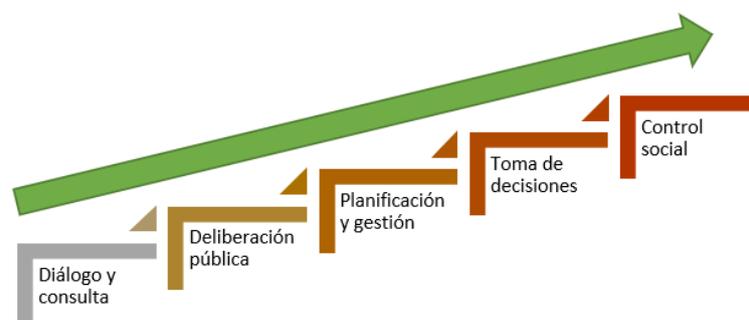


Figura 3.1. Niveles de Participación Ciudadana.

La Secretaría de Movilidad de Quito, a través de soluciones tecnológicas, busca redefinir la movilidad de la ciudad con menores tiempos de desplazamiento, brindar mayor seguridad en las vías y plantear alternativas para la movilidad. Además, busca actualizar la tecnología en los semáforos y así obtener una gestión automatizada del tránsito mediante respuestas inmediatas para una movilidad eficiente de la ciudad priorizando el transporte público masivo.

Así también, la Secretaria de Salud tiene como objetivo *“la promoción y protección de la salud y la prevención de la enfermedad y la gestión de servicios municipales”* [132], a través, de las diferentes Unidades Municipales de Salud ubicados en el centro, norte y sur de la ciudad. Para Quito es un gran reto mejorar la cobertura de salud debido a la gran demanda de utilización de los servicios de salud y con un presupuesto reducido. Considerando la situación actual (2020) del COVID-19 la implementación de la telemedicina en centros de salud distantes es una de las principales opciones para cubrir la demanda presentada. Además, se adecua, en el Centro de Convenciones Metropolitano de Quito un área destinada a la atención de pacientes con sintomatología COVID, denominado Centro de Atención Temporal (CAT).

La ciudad de Quito actualmente no posee una infraestructura tecnológica, debido a la limitación tanto en recursos tecnológicos como económicos, que permitan la distribución de servicios inteligentes; motivo por el cual no se han logrado implementar soluciones inteligentes en la distribución de los servicios básicos, como proyectos de eficiencia energética. Además, por su ubicación geográfica no es posible llegar a todos los sectores de la ciudad, razón por la cual no puede ser catalogada aún como una ciudad inteligente.

Para facilitar el acceso a Internet, la ciudad de Quito cuenta aproximadamente con 703 puntos Wifi de manera gratuita, los cuales se encuentran distribuidos en lugares públicos, planteles educativos y dependencias municipales con lo cual se busca reducir la brecha digital. Los ciudadanos que se conectan a la red municipal tienen una navegación diaria de dos horas.

Actualmente, la ciudad cuenta con varios proveedores de internet, mismos que han logrado generar una gran cobertura. En cuanto a la tecnología que ofertan los proveedores de internet se encuentra 3G, 4G en lo que se refiere a conexión móvil; y de fibra óptica y satelital para conexiones fijas.

A continuación en la Tabla 3.1 se muestra el ranking de posiciones de los diferentes proveedores.

Tabla 3.1. Tabla de Posiciones de ISP [133].

Puesto	Proveedor de Internet	Velocidad (Mbps)
1	Claro (Fibra)	3.6
2	CNT (Fibra) Netlife Punto Net Celerity	3.4
3	TVCable (fibra y Cable) Claro (Cable)	3.2
4	Etapa Fibra Óptica	3.0
5	Punto Net (DSL/Wireless/Satélite)	2.6
6	CNT (DSL)	2.22
7	ETAPA DSL/WiMax (DSL/Wireless)	2.0

3.1.1 Proyectos *Smart* existentes en Quito

En este contexto se detallan los proyectos que se han implementado en los diferentes ámbitos de la ciudad de Quito en torno a su desarrollo como una Ciudad Inteligente.

3.1.1.1 Movilidad

El Distrito Metropolitano de Quito, cuenta con el Sistema Integrado de Transporte Metropolitano, el cual opera los sistemas masivos de transporte y está conformado por el Metro de Quito, el sistema Metrobús-Q y la red de autobuses. Se espera que el Metro de Quito sea el principal sistema de transporte de la ciudad.

El sistema Metrobús-Q se encuentra constituido por 5 líneas con buses de gran capacidad dentro del área urbana de la ciudad como es el corredor Central Trolebús, Oriental Ecovía y Occidental Metrobús, así como también el sistema de autobuses que es la red convencional de transporte urbano en Quito, además de los buses interparroquiales. Entre uno de los proyectos *Smart* dentro del sistema de transportes, es la conectividad mediante WiFi en las unidades trolebús.

Dentro de la movilidad sobresale el proyecto “Metro de Quito”, administrado por la Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito (EPMMQ) [134] el cual busca recorrer la ciudad en 34 minutos generando ahorro de tiempo personal y mejorar la productividad; además reducir la contaminación ambiental y la congestión vehicular, así como también la inclusión socioeconómica de todos los sectores de la ciudad mejorando notablemente la calidad de vida de los ciudadanos.

La Agencia Metropolitana de Transito, además emplea el uso de radares los cuales les permite controlar e informar los vehículos que exceden los límites de velocidad o cometen infracciones de tránsito, con lo cual es posible reducir el índice de accidentes de tránsito y así resguardar la vida de los ciudadanos.

La Secretaria de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, tiene como proyecto a “Movilízate UIO”, mismo que facilita a los usuarios conocer de las rutas y paradas del transporte público metropolitano.

3.1.1.2 Gobierno

El *e-Government* es uno de los ámbitos más importantes que tiene en consideración la Administración Local, puesto a que busca la automatización de gestión de servicios, como los tramites en línea y la infraestructura tecnológica de interconexión.

Buscando el bienestar de los ciudadanos, El Distrito Metropolitano de Quito actualmente pone a disposición varios servicios a realizarse en línea a través del siguiente catálogo de trámites y servicios [135].

- Consulta de Obligaciones.
- Formulario para Exoneración de tercera edad.
- Certificados en línea.
- LUAE (Licencia Única de Actividades Económicas).
- Declaración en línea Patente y 1.5 x 1000.
- Transferencia de Dominio.
- Salvoconductos.
- Consulta de trámites en línea.

3.1.1.3 Medio Ambiente

Dentro del ámbito ambiental, Quito cuenta con la Secretaria de Ambiente que está estructurada por varias direcciones, mismas que desarrollan, ejecutan, evalúan proyectos sustentables que permitan disminuir los agentes contaminantes, las cuales se describen en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Proyectos Medioambientales.

Direcciones /Proyecto /Programa	Descripción
Red de monitoreo atmosférico	<i>El objetivo principal de la red de monitoreo es brindar datos confiables sobre los contaminantes presentes en el ambiente de la ciudad, con los cuales se pueda planificar, ejecutar y evaluar las políticas de mejoramiento de la calidad del aire.</i>
Quito Tierra de Osos	<i>Busca la conservación del oso andino, ya que es una especie emblemática; así como también la biodiversidad asociada al hábitat de esta especie.</i>
Mide tu huella de carbono	<i>Permite obtener una medición de los gases de efecto invernadero (GEI) para generar estrategias para la reducción de estos gases en el ambiente.</i>
Buenas prácticas ambientales	<i>Mediante este programa, el Distrito Metropolitano busca concientizar y promover la corresponsabilidad de la ciudadanía en el uso de los recursos naturales.</i>
Patrimonio natural	<i>Permite proteger los ecosistemas y áreas verdes de la ciudad en coordinación con los niveles de gobierno instituciones no gubernamentales y la ciudadanía en general.</i>
Cambio climático	<i>Busca la sensibilización de la ciudadanía respecto al cambio climático, así como también en la producción y consumo sustentable y las</i>

	<i>buenas prácticas ambientales.</i>
Calidad y gestión ambiental	<i>Permite evaluar los impactos ambientales además de realizar el control de proyectos que generen riesgo ambiental en la ciudad</i>
Residuos sólidos	<i>Generar políticas para la gestión de residuos sólidos de la ciudad, así como también el destino que se les dará a los mismos.</i>

Adicionalmente, la ciudad de Quito no cuenta con un proyecto para la implementación de estaciones de servicio de carga eléctrica para vehículos eléctricos, pero como aporte de la empresa privada, juntamente con autoridades municipales y gubernamentales, se han instalado 7 puntos de carga (sin costo alguno para el usuario final) distribuidos en algunos de los más importantes centros comerciales de Quito, con el fin de propagar la utilización de vehículos eléctricos en la ciudad.

3.1.1.4 Gestión de Riesgos

Actualmente, la ciudad de Quito no cuenta con un sistema ideal para la gestión de residuos sólidos, por tal motivo la EMGIRS (Empresa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos) en alianza con el BID [136], busca implementar un innovador sistema de gestión de uso y reúso de residuos sólidos, a través del cual se desea que la construcción de cubetos no sea la única alternativa para la gestión de los residuos de las ciudad.

La EPMAPS a través del Programa de Saneamiento, que tiene como objetivo ejecutar obras e intervenciones para el manejo adecuado e integral de los residuos líquidos, mediante el tratamiento de las aguas residuales urbanas [137]. Además de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales con una capacidad de 7.5m³/s (Proyecto Vindobona). Esto como parte del plan para la descontaminación de ríos y esteros de Quito mejorando la calidad del agua.

3.1.1.5 Calidad de Vida y Entretenimiento

En la actualidad, la Administración Local, se encuentra en la implementación de más puntos Wifi en la ciudad con el objetivo de optimizar los trámites administrativos, automatizar los procesos internos y establecer contacto directo con los ciudadanos mediante la tecnología.

Para brindar seguridad a sus habitantes, la Secretaria de Seguridad, a través del Sistema de Alerta Comunitaria [138], busca atender en menor tiempo los incidentes reportados por la ciudadanía, para lo cual tiene implementadas 227 cámaras de seguridad en el Sistema Ojos de Águila. De la misma manera, para salvaguardar la integridad de las personas que hacen uso del sistema de transporte público la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros (EPMTTP) desarrollo el programa #BÁJALE AL ACOSO a través del envío de mensajes de texto.

Por ejemplo, en la ciudad de Quito, para promover el turismo y como iniciativa de la empresa municipal Quito Turismo, existe la aplicación *Go UIO* [104] que funciona sobre una red inalámbrica integrada en una plataforma web, la cual fue creada para aumentar la visita de turistas y en el interés en matices de cultura, gastronomía y aventura generando experiencias inolvidables. *Go UIO* tiene interacciones en línea como chat, videos, guía turística, georreferenciación, mapas y redes sociales. Además, permite conocer de eventos destacados del día, circuitos de aventura y observatorios, actividades en su atractivo principal que es el Centro Histórico, y tendencias del momento. También información de lugares para comer y alojamientos ubicados en un radio de 1 kilómetro.

En lo que respecta a Salud, Educación y Eficiencia Energética, actualmente la ciudad de Quito no cuenta con proyectos desarrollados en estos ámbitos lo cual retrasa su transformación a una Ciudad Inteligente.

3.2 Propuesta de Estrategias de Gestión en los Ámbitos Prioritarios Definidos

Una ciudad tradicional afronta permanentes desafíos, habitualmente originados tanto por su población como por su extensión territorial, provocando varios problemas como contaminación ambiental, falta de servicios básicos en diferentes sectores, congestión vehicular, etc. Estos y otros factores influyen a que una ciudad inicie su proceso de migración a través de la segmentación y priorización de sus diferentes ámbitos,

teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos, tecnológicos, políticos, etc., mediante la implementación de pequeños proyectos y con el objetivo de poder consolidar la ejecución de un proyecto macro, que le permita a una ciudad catalogarse como una ciudad inteligente.

Considerando los ámbitos que han sido revisados en el desarrollo de la presente Propuesta Metodológica, se plantean los siguientes proyectos enfocados en los diferentes ámbitos.

Ámbito: Movilidad



Proyecto:	Placa Digital
Nivel Smart:	Nivel 1
Modelo de Gestión:	Municipal
Presupuesto:	\$999.999
Medios de Difusión:	Redes Sociales – Televisión – Radio
Equipo de Trabajo:	Dpto. Movilidad, Dpto. Obras Públicas.
Financiamiento:	Inversión Público-Privada
Priorización de Servicios:	Alto



Definición:

El proyecto permite administrar eficientemente la movilidad en la ciudad mediante la implementación de un adhesivo digital incorporado en cada vehículo con lo cual se reduce tiempos en la circulación vehicular.

Plan de Acción
Implementar el sistema en las estaciones de tele peaje
Implementar las cámaras en semáforos de la ciudad
Actualizar los centros de revisión y matriculación vehicular

Indicadores
% accidentes registrados
% vehículos sancionados
% vehículos matriculados

Objetivos estratégicos

Disminuir el tiempo de espera en cobro de peajes

Control de velocidad mediante cámaras

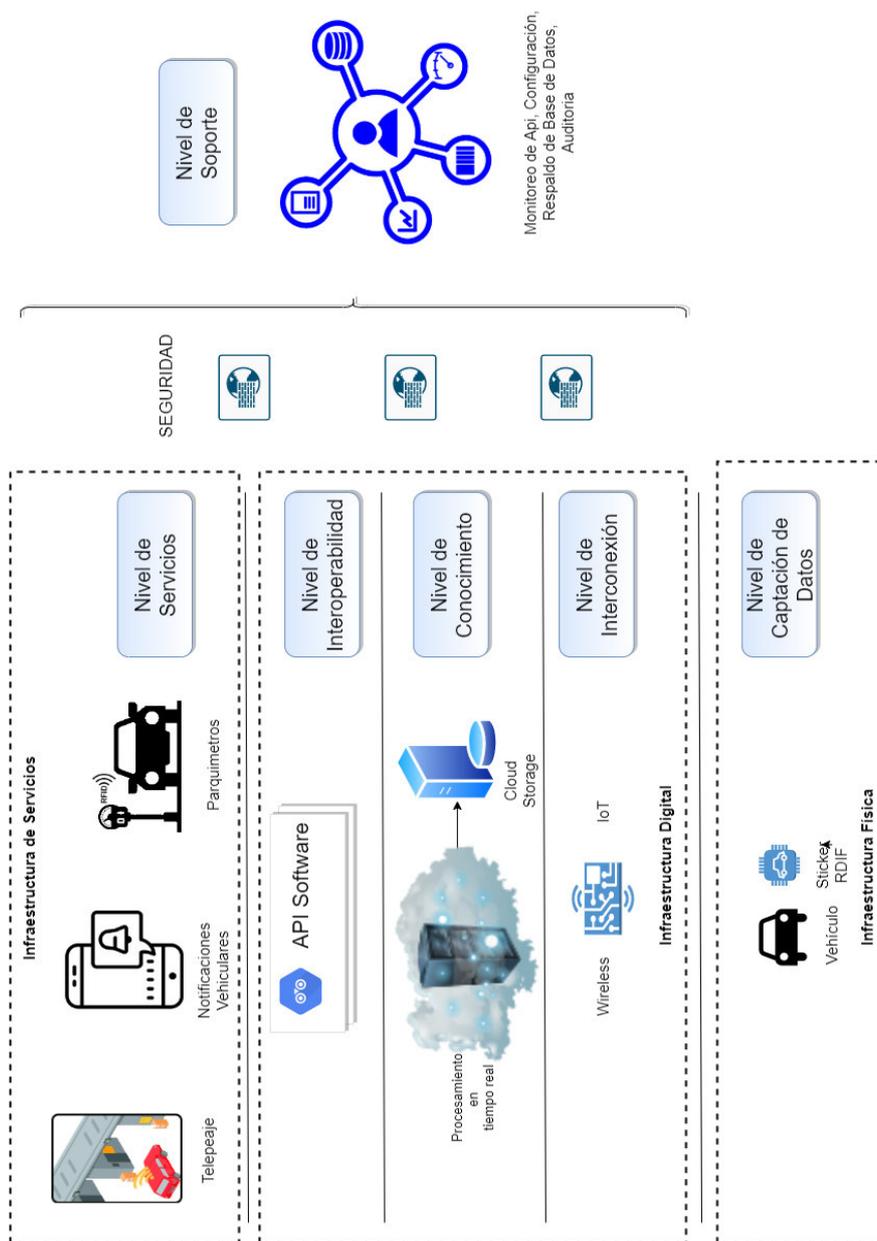
Control de carril exclusivo

Control de pico y placa

Estacionamientos inteligentes

Rapidez y fluidez vehicular

Propuesta de Arquitectura



Ámbito: Gobierno



Proyecto:	Plataforma para mejorar la participación ciudadana
Nivel Smart:	Nivel 1
Modelo de Gestión:	Municipal
Presupuesto:	\$999.999
Medios de Difusión:	Redes Sociales – Televisión – Radio
Equipo de trabajo:	Dpto. Administrativo, Dpto. Talento Humano
Financiamiento:	Inversión Público - Privada
Priorización de Servicios	Medio



Definición:

El proyecto permite facilitar e involucrar la participación ciudadana mediante varios mecanismos, con lo cual se obtendrá mayor participación de la ciudadanía.

Plan de Acción

Automatizar los principales servicios ciudadanos
Actualizar los sistemas informáticos tanto internos como externos
Actualizar paginas institucionales
Actualizar formas y sistemas de cobro de impuestos

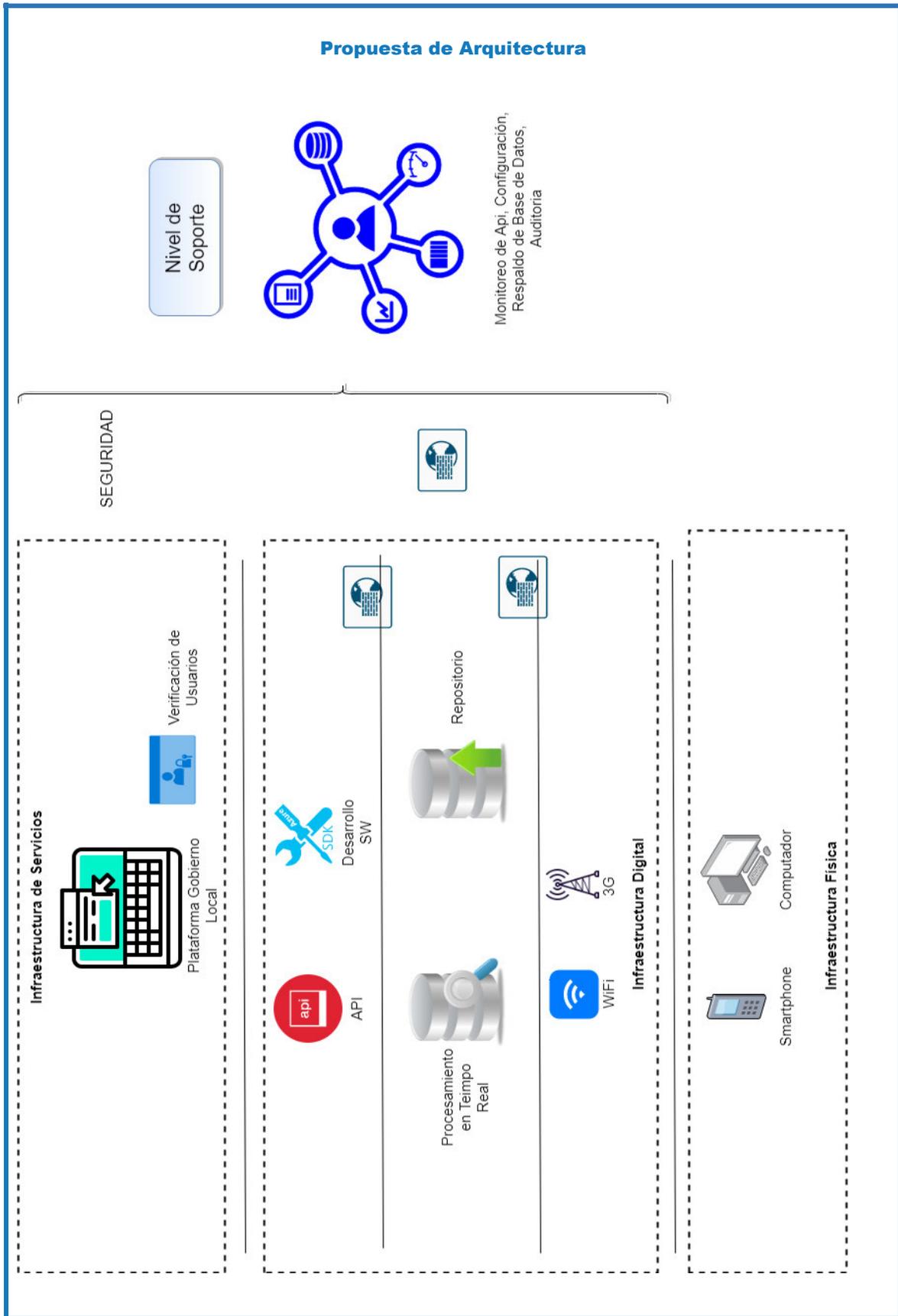
Indicadores

% solicitudes digitales ingresadas
Tiempos de respuesta a usuarios en diferentes solicitudes

Objetivos estratégicos

Ayudar a la toma de decisiones
Facilitar el acceso a información relevante
Permitir el intercambio de opiniones
Mejorar la calidad de servicios

Propuesta de Arquitectura



Ámbito: Gestión de Riesgos



Proyecto: Recolección Inteligente de residuos

Nivel Smart: Nivel 1

Modelo de

Gestión: Mixto (Municipal – Empresa Privada)

Presupuesto: \$999.999

Medios de

Difusión: Redes Sociales – Televisión – Radio

Equipo de

trabajo: Dpto. Ambiente

Financiamiento: Inversión Público - Privada

Priorización de

Servicios Alto



Descripción del proyecto:

El proyecto permite automatizar la recolección de residuos urbanos mediante el uso de sensores ubicados en los contenedores y vehículos recolectores, con lo cual se mejora la calidad de vida de los ciudadanos y se obtendrá una mejor imagen de la ciudad

Plan de Acción

Implementación de sensores de los contenedores de basura

Implementación de sensores en los carros recolectores de basura

Implementación de sistemas de información Geográfica

Actualización de rutas y horarios de recolección.

Indicadores

Km recorridos por cada unidad

Número de contenedores registrados

% de contenedores deteriorados

Objetivos estratégicos

Reducir costos en la recolección de residuos

Verificar el estado de los contenedores

Optimización de rutas y horarios para la recolección de residuos

Mejorar la calidad de servicios de recolección.

Propuesta de Arquitectura

Nivel de Soporte



Monitoreo de Api, Configuración,
Respaldo de Base de Datos,
Auditoria

SEGURIDAD



Infraestructura de Servicios



Registro de Control



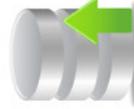
Mapa GPS



API



Procesamiento en Tiempo Real



Repositorio GIS



Microprocesadores



Infraestructura Digital



Sensor de posición



Recolector de Basura



GPS

Infraestructura Física

Ámbito: Medio Ambiente



Proyecto: Análisis Medioambiental y Medición de Contaminación Acústica

Nivel Smart: Nivel 1

Modelo de

Gestión: Municipal

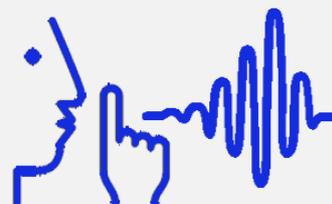
Presupuesto: \$999.999

Medios de Difusión: Volantes, Redes sociales, Vallas

Equipo de trabajo: Dpto. Medio ambiente – Dpto. Control

Financiamiento: Inversión Público - Privada

Priorización de Servicios: Medio



Descripción del proyecto:

El proyecto permite controlar la contaminación acústica en sectores de mayor concurrencia con lo cual se prevé mejorar la calidad de vida de los ciudadanos

Plan de Acción

Determinar las zonas con mayor contaminación acústica.

Implementar dispositivos para medir el nivel de ruido ambiental.

Elaborar mecanismos para controlar la contaminación acústica.

Indicadores

% de reducción de decibeles.

Número de zonas controladas

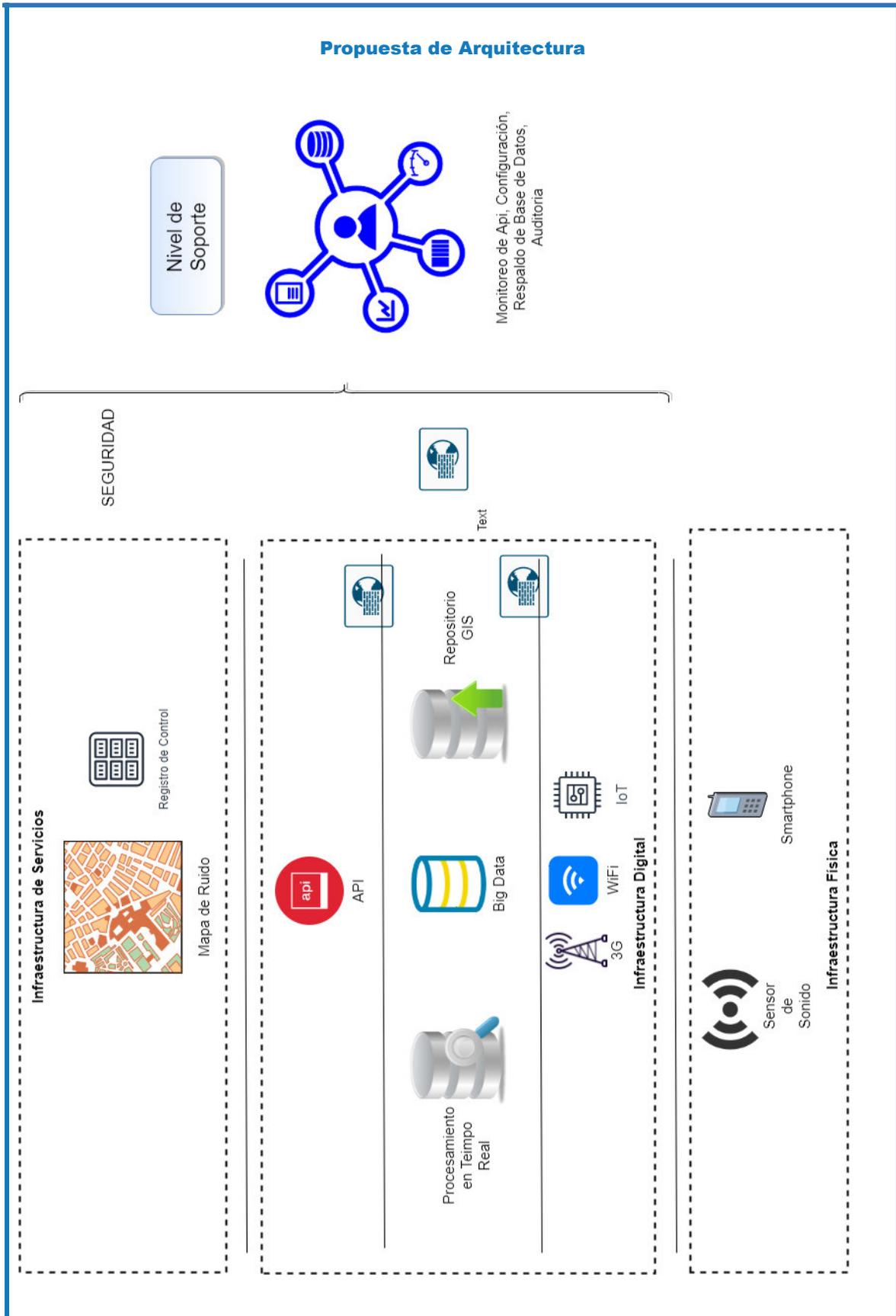
Objetivos estratégicos

Mejorar la calidad ambiental

Reducir el ruido

Medir los niveles de ruido en sectores estratégicos

Propuesta de Arquitectura



Ámbito: Calidad de Vida



Proyecto:	Videovigilancia Inteligente
Nivel Smart:	Nivel 1
Modelo de Gestión:	Mixto (Municipal – Empresa Privada)
Presupuesto:	\$999.999
Medios de Difusión:	Redes sociales, vallas, televisión, radio
Equipo de trabajo:	Dpto. Seguridad – Dpto. Legal
Financiamiento :	Inversión Público - Privada
Priorización de Servicios	Alto



Descripción del proyecto:

El proyecto permite obtener una protección de infraestructuras vitales de la ciudad en tiempo real.

Plan de Acción

Implementación del centro de control.
Determinar puntos estratégicos para la implementación de las cámaras.
Establecer mecanismos de auxilio comunitario en línea.

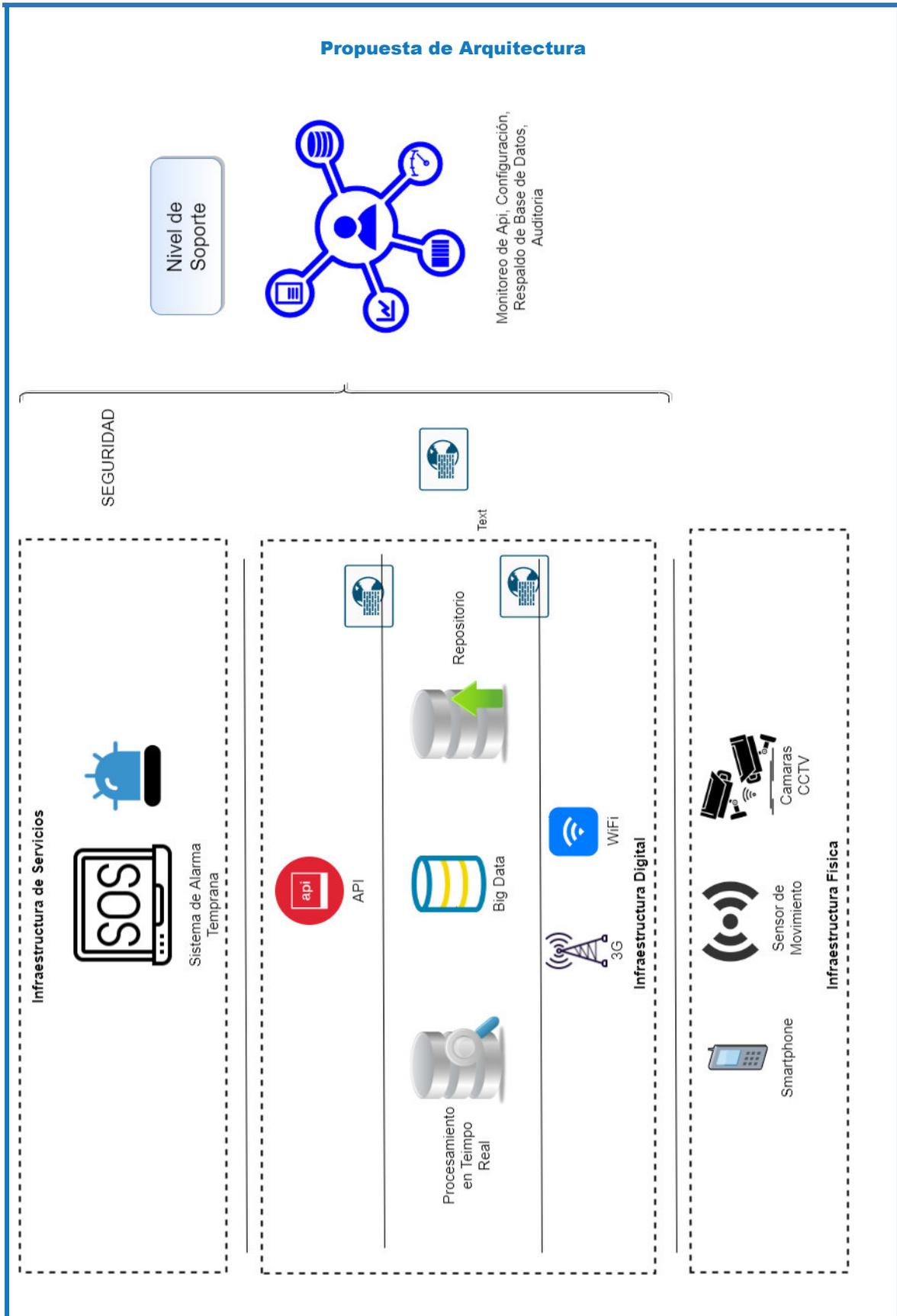
Indicadores

Número de incidentes reportados
Número de unidades desplegadas
% reducción de actos ilícitos.

Objetivos estratégicos

Generación de protocolos de actuación específica
Disminuir el daño en edificios patrimoniales
Integrar los sistemas de seguridad urbana
Gestionar emergencias en menor tiempo

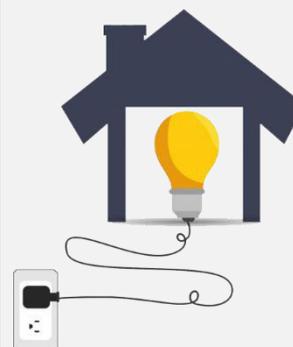
Propuesta de Arquitectura



Ámbito: Eficiencia Energética



Proyecto:	Gestión del alumbrado en edificios municipales
Nivel Smart:	Nivel 1
Modelo de Gestión:	Municipal
Presupuesto:	\$999.999
Medios de Difusión:	Planillas eléctricas, redes sociales, televisión
Equipo de trabajo:	Dpto. Electricidad – Dpto. Legal
Financiamiento:	Inversión Público - Privada
Priorización de Servicios:	Alto



Descripción del proyecto:

El proyecto permite gestionar el uso de la energía eléctrica en los edificios municipales

Plan de Acción

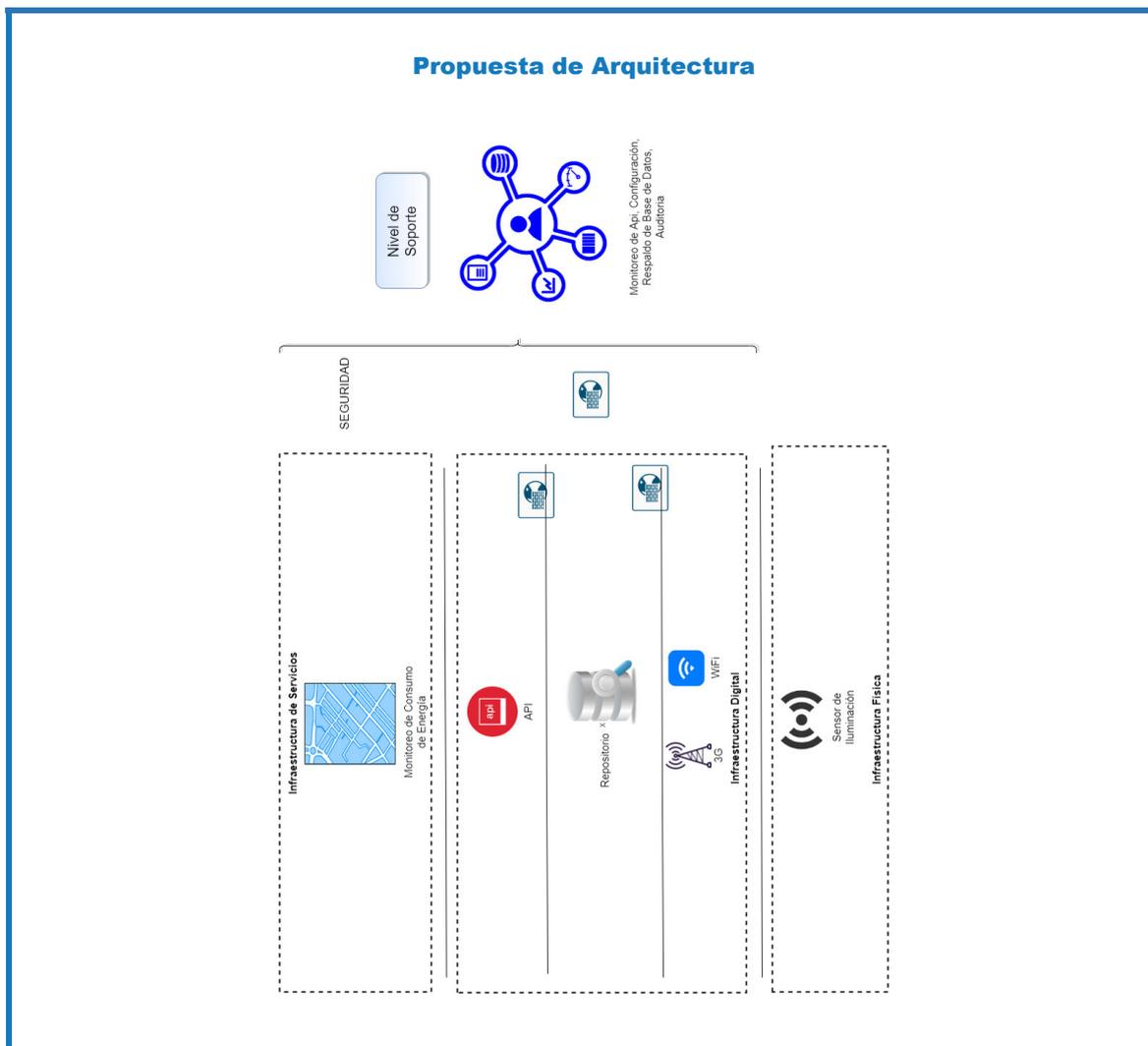
- Determinar el número de edificios a intervenir.
- Implementar la red de sensores en los edificios seleccionados.
- Implementar el sistema de gestión de electricidad.

Indicadores

- % reducción de consumo Kw/h
- Número de luces automatizadas

Objetivos estratégicos

- Reducir gases del efecto invernadero
- Implementar medidas de ahorro energético
- Mejorar la calidad del ambiente



3.3 Propuesta de modificación a la Legislación Ecuatoriana

En Ecuador, existe un limitado acceso al internet mediante banda ancha lo cual no ha permitido que el país se desarrolle a la velocidad de sus pares latinoamericanos. Ésta limitación es la principal desventaja para obtener un crecimiento económico, así como también crecimiento tecnológico. Uno de los aspectos que estas deben priorizar, es que debe existir relación entre el desarrollo de la tecnología y un marco legal coherente, el cual permita regular el desarrollo de los sectores productivos, particularmente el sector de telecomunicaciones.

Siendo las telecomunicaciones un servicio público, y que su provisión debe ser garantizada por el Estado, urge que se adopten correcciones a las leyes inherentes a esta temática.

Teniendo en cuenta la revisión de los diferentes artículos de las leyes de países como Brasil, Colombia, Estados Unidos y Estonia; analizados en el **Capítulo 1 Apartado**

1.5.6 referente a la prestación de servicios de telecomunicaciones; en la Tabla 3.3, se detallan algunas propuestas de reformas a la Ley Orgánica De Telecomunicaciones, Ley del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos y Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos, esta propuesta no define términos exactos sino términos generales basados en el estudio antes realizado.

Tabla 3.3. Propuestas de Reforma de Ley.

Ley Orgánica de Telecomunicaciones (Tercer Suplemento)	
Ley actual	Propuesta de reforma de ley
<p>En el TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES, CAPÍTULO I Consideraciones Preliminares, Artículo 3.- Objetivos.</p> <p>Se propone incorporar 2 objetivos en éste artículo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la formación de talento humano en tecnologías de información y comunicaciones. • Promover el despliegue de redes de telecomunicaciones en las zonas urbano-marginales, rurales y fronterizas que permitan reducir la brecha digital.
<p>En el TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES, CAPÍTULO II Competencias, Artículo 8.- Prestación de servicios en Estado de Excepción</p> <p>Se propone añadir el siguiente párrafo en éste artículo</p>	<p>Frente a la declaratoria de un Estado de Excepción, y considerando los fundamentos y alcance que originaron el Decreto, se deberán ejecutar proyectos emergentes a través de las empresas públicas y privadas de telecomunicaciones. Estos proyectos serán financiados con el pago de la contribución por concepto de servicio universal, a fin de garantizar el acceso a la educación, salud, servicios gubernamentales y servicios de carácter social.</p>
<p>En el TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES, CAPÍTULO II Competencias,</p> <p>Se propone integrar el siguiente</p>	<p>Art. Innumerado.- El Estado propiciará el derecho al acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas, que permitan el ejercicio de la</p>

<p>artículo</p>	<p>libertad de expresión, el libre desarrollo de la personalidad, la educación y acceso a la ciencia, a la técnica y a los demás bienes y valores de la cultura. Adicionalmente, el Estado constituirá programas, para que la población pobre y vulnerable, que no tengan ingresos fijos, tenga acceso y uso a las plataformas de comunicación, especialmente a Internet, que permitan a la ciudadanía y las comunidades contribuir con la disminución de la brecha digital.</p>
<p>En el TÍTULO II REDES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, CAPÍTULO I Establecimiento y explotación de redes, Artículo 9.- Redes de Telecomunicaciones</p> <p>Se propone incluir el siguiente párrafo en éste artículo.</p> <p>Además, aumentar un literal en la clasificación de los tipos de redes.</p>	<p>Los valores por uso de espacio (terrestre o aéreo) para la prestación de servicios de telecomunicaciones o uso del espectro radioeléctrico no podrán ser establecidos por los gobiernos autónomos descentralizados</p> <p>De acuerdo con su utilización las redes de telecomunicaciones se clasifican en:</p> <p>a) Redes Públicas de Telecomunicaciones.</p> <p>b) Redes Privadas de Telecomunicaciones.</p> <p>c) Redes Comunitarias de Telecomunicaciones.</p>
<p>En el TÍTULO II REDES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, CAPÍTULO I Establecimiento y explotación de redes</p> <p>Se propone adicionar el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- Redes Comunitarias de Telecomunicaciones</p> <p>Las redes comunitarias son operadas por entidades sociales constituidas por el ente rector de telecomunicaciones. Estas entidades provisionarán y gestionarán de manera propia los servicios de</p>

	<p>telecomunicaciones únicamente en zonas urbano-marginales, rurales y fronterizas que las determinará el ente rector.</p> <p>Para su funcionamiento, precisarán de un registro simplificado y en caso de requerir el uso del espectro radioeléctrico será necesario contar con el título habilitante respectivo.</p>
<p>En el TÍTULO II REDES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, CAPÍTULO II Prestación de servicios de telecomunicaciones</p> <p>Se propone añadir el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- Seguridad e Integridad de las redes de comunicaciones.- Las empresas públicas y privadas de comunicaciones deben adoptar las medidas técnicas y organizativas adecuadas para gestionar los riesgos relacionados con la seguridad e integridad de los servicios y de la red de comunicaciones. Las medidas deben ser proporcionadas ante una posible situación de emergencia, garantizando el mínimo impacto de los incidentes que pongan en peligro la seguridad y la integridad de los datos de usuarios de los servicios de comunicaciones para garantizar la continuidad de los servicios prestados.</p>
<p>En el TÍTULO II REDES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, CAPÍTULO II Prestación de servicios de telecomunicaciones</p> <p>Se propone añadir el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- Las empresas de prestación de servicios de telecomunicaciones, tanto públicas como privadas deben, en la custodia, almacenamiento y procesamiento de datos personales, considerar las siguientes pautas sobre estándares de seguridad:</p> <p>a) El establecimiento de un estricto control sobre el acceso a los datos</p>

	<p>mediante la definición de responsabilidades de las personas que tendrán la posibilidad de acceso a los mismos.</p> <p>b) La provisión de mecanismos de autenticación para el acceso a los registros.</p> <p>c) La creación de un inventario de los accesos a los registros de información, que contengan el tiempo, duración, responsable del acceso y al archivo al que accede.</p> <p>d) El uso de soluciones de gestión de registros empleando técnicas que garanticen la inviolabilidad de los datos, como cifrado u otros mecanismos de protección equivalente.</p>
<p>En el TÍTULO III DERECHOS Y OBLIGACIONES, CAPÍTULO II Prestadores de Servicios de Telecomunicaciones</p> <p>Se propone añadir el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- Las empresas públicas y privadas de comunicaciones están obligadas a mantener la confidencialidad de toda la información que llegue a su conocimiento en el proceso de prestación de servicios de comunicaciones y que se refiera a los abonados, así como a otras personas que no hayan suscrito un contrato de prestación de servicios de comunicaciones pero que utilicen los servicios de comunicaciones con el consentimiento de un abonado; sobre todo, debe mantener la confidencialidad de:</p> <p>a) información sobre detalles</p>

	<p>específicos relacionados con el uso de los servicios de comunicaciones;</p> <p>b) el contenido y el formato de los mensajes transmitidos por la red de comunicaciones,</p> <p>c) información relativa a la hora y forma de transmisión de los mensajes.</p>
<p>En el TÍTULO VIII SECRETO DE LAS COMUNICACIONES Y PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES, CAPÍTULO II Protección de datos personales</p> <p>Se propone añadir el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- Los prestadores de servicios de telecomunicaciones deberán adoptar todas las medidas técnicas y de gestión adecuadas con el fin de garantizar la protección de datos de carácter personal, dichas medidas deberán incluir como mínimo:</p> <p>a) Garantizar que solo personal autorizado tenga acceso a los datos personales para fines autorizados por la ley.</p> <p>b) La garantía de la aplicación efectiva de políticas de seguridad con respecto al tratamiento de datos personales.</p> <p>En caso de que exista un riesgo particular de violación de seguridad de la red a su cargo, el operador de dicha red informará a los abonados sobre dicho riesgo y sobre las medidas a adoptar.</p>
<p>En el TÍTULO X SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO Y SERVICIO UNIVERSAL, CAPÍTULO ÚNICO Promoción de la Sociedad de la Información y Prestación del Servicio</p>	<p>Art. Innumerado.- Promover la transformación digital del Estado, de las empresas privadas y de la sociedad en general; además, de incentivar el uso de plataformas tecnologías y de servicios</p>

<p>Universal</p> <p>Se propone anexionar el siguiente artículo</p>	<p>digitales, a fin de impulsar el bienestar social, la economía y la eficiencia del Estado.</p>
<p>Ley del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos</p>	
<p>Ley Actual</p>	<p>Propuesta de reforma de ley</p>
<p>En el Capítulo III Normas Generales Aplicables a los Registros Públicos</p> <p>Se propone añadir el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- Calidad del Dato</p> <p>Todas las entidades del Estado deberán preservar las bases de datos bajo los estándares y criterios establecidos por las normativas legales vigentes.</p> <p>Además, la publicación de los datos deberá cumplir con las normas de calidad que sean emitidas por la Dirección Nacional de Registro de Datos Públicos.</p>
<p>En el Capítulo III Normas Generales Aplicables a los Registros Públicos</p> <p>Se propone aumentar el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- Sin perjuicio de las demás sanciones tanto civiles o administrativas, las infracciones a las normas previstas en la presente ley quedan sujetas, según el caso, a las siguientes sanciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Advertencia, en la cual se indique el plazo para la adopción de medidas correctivas. b) Multa del 5% (cinco por ciento) de lo facturado en su último ejercicio fiscal, teniendo en cuenta el principio de proporcionalidad entre la gravedad de la falta y la gravedad de la sanción. c) Suspensión temporal de actividades. d) Prohibición del ejercicio de

	actividades.
Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos	
Ley Actual	Propuesta de reforma de ley
<p>En el TÍTULO II DE LAS FIRMAS ELECTRÓNICAS, CERTIFICADOS DE FIRMA ELECTRÓNICA ENTIDADES DE CERTIFICACIÓN DE INFORMACIÓN, ORGANISMOS DE PROMOCIÓN DE LOS SERVICIOS ELECTRÓNICOS, Y DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS ENTIDADES DE CERTIFICACIÓN ACREDITADAS. En el Capítulo I DE LAS FIRMAS ELECTRÓNICAS</p> <p>Se propone añadir el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- El Estado promoverá el uso de la firma electrónica en el seno de las Administraciones Públicas, sus organismos y entidades dependientes a las mismas, así como en las relaciones que estas tengan entre sí o con particulares. Las entidades públicas, con el objeto de proteger las garantías de cada procedimiento, podrán establecer el uso de la firma electrónica en todo documento siempre y cuando sea objetivo, transparente, no discriminatorias y no deberán, bajo ninguna circunstancia, obstaculizar la prestación del servicio hacia el ciudadano.</p>
<p>En el TÍTULO III DE LOS SERVICIOS ELECTRÓNICOS, LA CONTRATACIÓN ELECTRÓNICA Y TELEMÁTICA, LOS DERECHOS DE LOS USUARIOS, E INSTRUMENTOS PÚBLICOS. En el Capítulo I DE LOS SERVICIOS ELECTRÓNICOS</p> <p>Se propone añadir el siguiente artículo</p>	<p>Art. Innumerado.- Seguridad en Transacciones Electrónicas</p> <p>Los proveedores de servicios electrónicos deberán adoptar e informar los mecanismos que garanticen la seguridad y confidencialidad de los datos personales, transacciones y medios de pago de los consumidores</p>

En este sentido, las propuestas que se plantean a las diferentes leyes que contempla el presente Trabajo de Titulación, son en beneficio de la población, ya que se garantizará el servicio, provisión y uso de las redes de telecomunicaciones, con lo cual se pretende reducir la brecha digital y el analfabetismo tecnológico que actualmente existe en el país. Además, de ser una base en el ámbito legal para que una ciudad pueda convertirse en una *Smart City*.

4 RESULTADOS

Dentro de este contexto se desea obtener el nivel de conocimiento de la ciudadanía con respecto al tema propuesto en el presente Trabajo de Titulación, para lo cual se ha definido una serie de preguntas dirigidas a profesionales de los diferentes sectores de la población y así obtener datos que permitan analizar y plantear una propuesta adecuada de migración en el Distrito Metropolitano de Quito hacia una Ciudad Inteligente.

Esta encuesta permitirá investigar el nivel de conocimiento que se tiene sobre el concepto de *Smart City* dentro de la ciudad de Quito y, está basada en una serie de 15 preguntas que permitan realizar un adecuado estudio y análisis del tema planteado.

A continuación, se detallan las preguntas a ser realizadas como parte de la encuesta.

1. ¿Conoce usted o ha escuchado el término *Smart City*?

Si	
Un poco	
Nada	

2. ¿Qué tiempo considera usted que necesita una ciudad para ser una *Smart City*?

Dos años	
Entre dos a cinco años	
Más de cinco años	

3. ¿Qué ciudad del Ecuador considera usted que puede ser catalogada como una ciudad inteligente?

4. ¿En qué ámbitos considera usted que se debe enfocar el gobierno local para que Quito sea una *Smart City*?

Transporte	
Medio ambiente	
Seguridad	
Entretenimiento	
Salud	
Otros	

5. ¿Qué proyectos considera usted que deben desarrollarse para que Quito sea considerada como una *Smart City*?

6. ¿Cuáles considera usted que son los principales elementos que intervienen en una *Smart City*?

Red Wifi	
Medio Ambiente	
Sostenibilidad urbana	
Servicios municipales	
Transporte	
Tecnología	
Otra(s)	

7. ¿Quiénes considera usted que más se beneficiarían dentro de una *Smart City*?

Empresas	
Gobierno	
Trabajadores	

Jóvenes	
Personas mayores	
Desempleados	
Turistas	
Otros	

8. ¿En qué áreas considera usted que se invierte más económicamente por parte del gobierno y de la Administración Local?

9. ¿Desde su punto de vista cómo considera la Gestión de Movilidad y los Sistemas de Transporte de la ciudad Quito?

Excelente	
Muy Buena	
Buena	
Regular	
Mala	

10. ¿Cuál de las siguientes características cree usted que se debe tener en cuenta al realizar un plan de movilidad inteligente?

Disminución del tráfico	
Mejorar el servicio de transporte público	
Mejorar las condiciones de accesibilidad	
Reducir la contaminación y ruido	

11. ¿Considera usted que la tecnología mejora la calidad de vida de las personas?

Si	
Un poco	
Nada	

12. ¿Qué tipo de dispositivos inteligentes utiliza en su vida diaria?

Smart Tv	
Smartphone	
Vehículo eléctrico	
Otros	

13. ¿Considera usted que es una ventaja vivir en una Ciudad Inteligente?

Si	
Un poco	
Nada	

14. ¿Dispone de conexión a internet en su teléfono celular?

Si	
No	

15. ¿Cuál cree usted que sería el principal beneficio que se obtendría en Quito si se convirtiera en una ciudad Inteligente?

Obtener transparencia en la gestión de la administración municipal	
Reducir gastos operacionales por parte del municipio	
Mejorar la comunicación con los	

ciudadanos	
Mejorar la calidad de vida de los ciudadanos	
Mejorar la calidad de los servicios públicos	

Para la aplicación de las encuestas se realizó la segmentación de la ciudad de Quito en trece zonas, mismas que fueron determinadas geográficamente mediante código postal. Esta división se lo efectuó con el fin de obtener una percepción más real, que involucre a la mayoría de los sectores sociales, económicos, académicos, etc., con respecto a la migración de la ciudad de Quito hacia una ciudad inteligente.

A continuación, se presentan las preguntas de la encuesta que se realizó en los diferentes sectores de la población, mediante el uso de la plataforma Google Forms.

Pregunta # 1

Con el fin de determinar la percepción de la ciudadanía acerca del tema estudiado, se realizó la siguiente pregunta, “**¿Conoce usted o ha escuchado el término *Smart City*?**”; las respuestas obtenidas determinan que el 61,5% de los encuestados no conocen o han escuchado “Nada” de este término, lo cual indica que la población en general todavía no tiene conocimiento, ya sea general o específico, de lo que es una *Smart City* y de las ventajas que se puede brindar a la ciudadanía; por lo que, se hace necesario más difusión del tema.

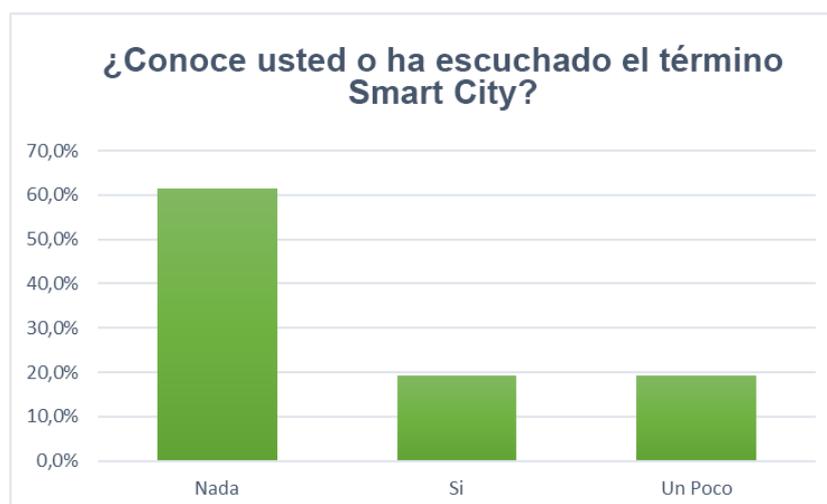


Figura 4.1. Porcentaje de Conocimiento del término *Smart City*.

Pregunta # 2

Con respecto a la pregunta realizada “**¿Qué tiempo considera usted que necesita una ciudad para ser una Smart City?**”, el 53,85% señala que una ciudad tradicional necesita un lapso de entre 2 a 5 años para llegar a ser una *Smart City*; estos resultados demuestran que la población no posee un criterio muy amplio sobre las acciones que se tiene que realizar para llegar a ser una ciudad inteligente, mismas que implican la elaboración, ejecución y seguimiento de varios proyectos dentro de los diferentes ámbitos.

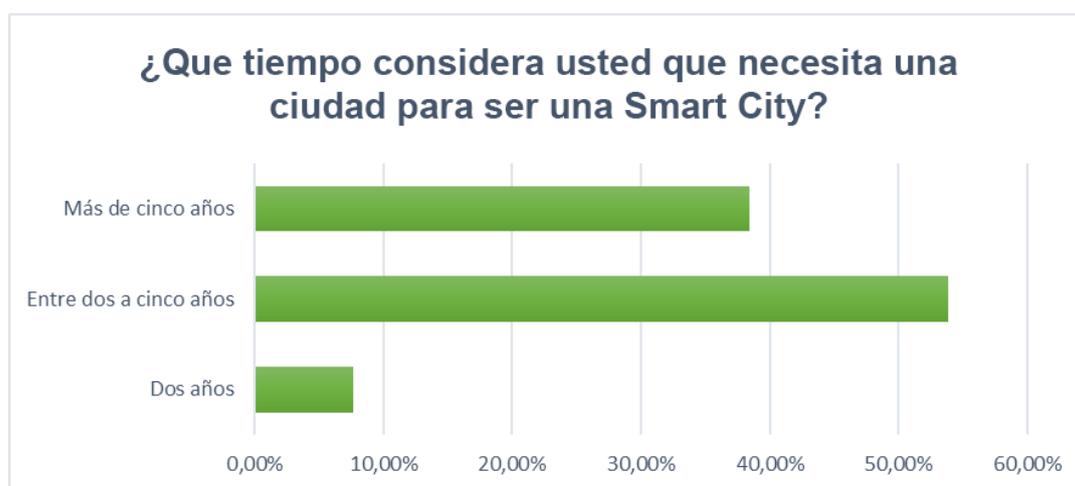


Figura 4.2. Porcentaje del Tiempo Necesario para ser una *Smart City*.

Pregunta # 3

Para la población encuestada, la ciudad de Quito puede ser catalogada como una *Smart City*, esto puede ser debido a varios factores, como por ejemplo el ser capital del Ecuador, el tener proyectos únicos en el país (como el metro, el concentrar la mayoría de las instituciones estatales, etc.). Esto se refleja con las respuestas obtenidas en la pregunta “**¿Qué ciudad del Ecuador considera usted que puede ser catalogada como una ciudad inteligente?**”, en la cual se demuestra que un 61,4% responde a lo antes mencionado.

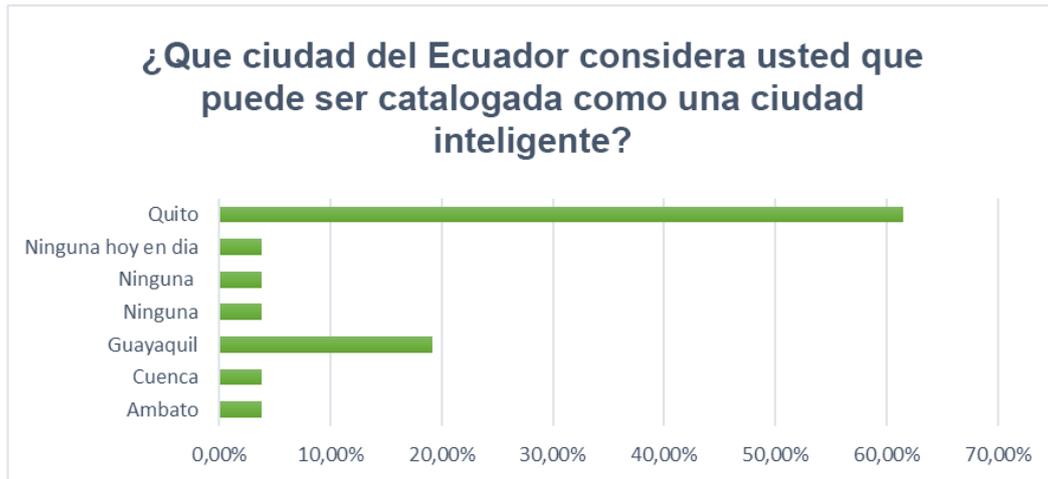


Figura 4.3. Porcentaje de las Ciudades del Ecuador consideradas como Ciudades Inteligentes.

Pregunta # 4

Dentro de los ámbitos que intervienen en la conformación de una Smart City, el Transporte es el ámbito en el cual la Administración Local debería enfocarse de manera primordial, esto se pone de manifiesto con el 53,85% de las respuesta obtenidas en la pregunta “**¿En qué ámbitos considera usted que se debe enfocar el gobierno local para que Quito sea una Smart City?**”, lo que indica que la ciudadanía esta desconforme con la prestación de los servicios de transporte municipales.



Figura 4.4. Porcentaje de Ámbitos a ser Enfocados por el Gobierno Local de Quito.

Pregunta # 5

En relación a la pregunta “**¿Qué proyectos considera usted que deben desarrollarse para que Quito sea considerada como *Smart City*?**”, el 57,69% de los encuestados determinan que se deben implementar proyectos en lo que respecta a la movilidad; lo cual indica que la ciudadanía tiene una profunda preocupación con el tema de movilidad urbana esperando por parte de la Administración Local una mejora sustentable en este aspecto.

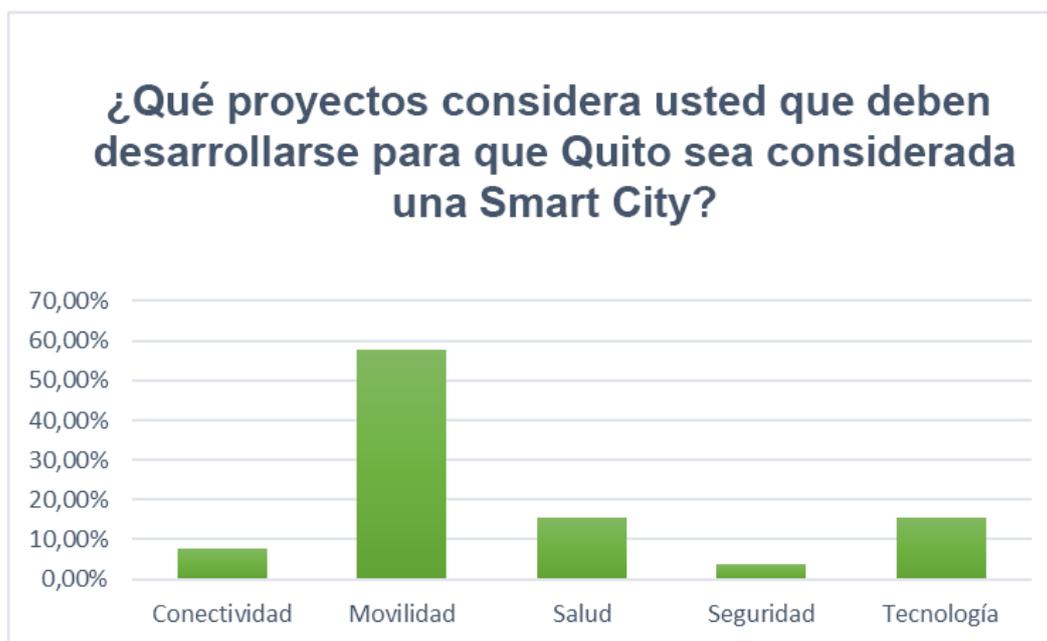


Figura 4.5. Porcentaje de Proyectos Considerados a ser Desarrollados en Quito.

Pregunta # 6

Con el fin de determinar el conocimiento de la ciudadanía en general sobre *Smart City* se planteó la siguiente pregunta “**¿Cuáles considera usted que son los elementos principales que intervienen en una *Smart City*?**”, obteniendo como resultado que el 61,54% considera que los elementos relevantes de una *Smart City* son la Tecnología y la utilización de Redes WiFi respectivamente; esto demuestra que la población encuestada asocia a una ciudad inteligente con la evolución tecnológica y la conexión a Internet, haciendo notable la falta de conocimiento en este tema, ya que todos los elementos planteados en la pregunta intervienen en la consecución de una *Smart City*.

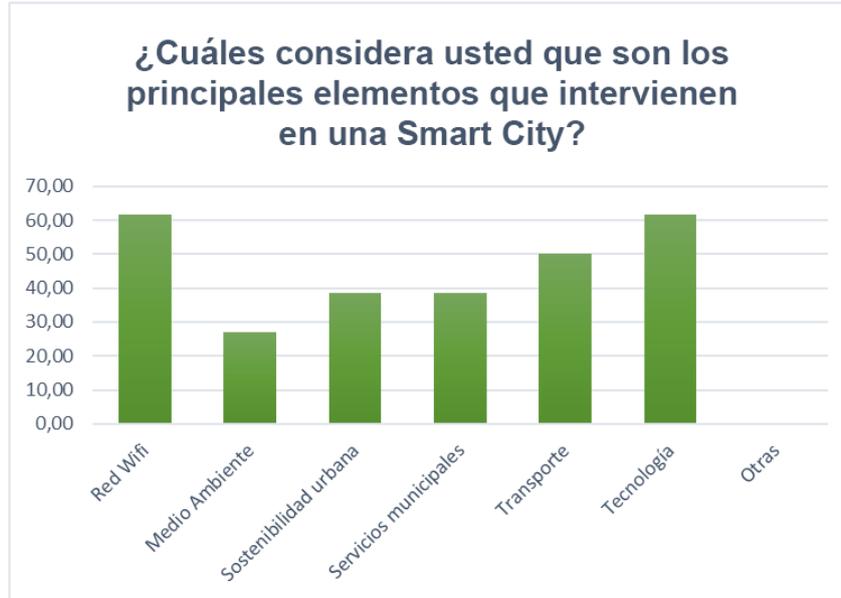


Figura 4.6. Porcentaje de Elementos que Intervienen en una *Smart City*.

Pregunta # 7

En lo que respecta a la pregunta “¿Quiénes considera usted que más se beneficiarían dentro de una *Smart City*?”, de las tres respuestas con mayor aceptación, los encuestados determinan, con un 76,92%, que las empresas son los actores que obtendrían un mayor beneficio de una *Smart City*; siendo esto una idea equivocada, ya que al momento de migrar hacia una ciudad inteligente los beneficios que ésta genera son para todos los sectores de la ciudad sin distinción alguna.

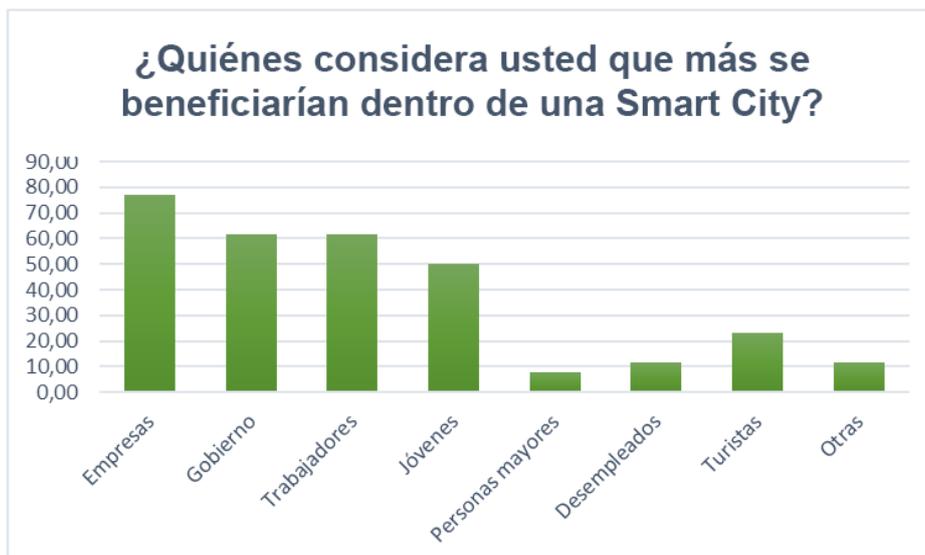


Figura 4.7. Porcentaje de Beneficiados en una *Smart City*.

Pregunta # 8

Para conocer la opinión de la ciudadanía en lo que respecta al área en la cual se invierte más económicamente se planteó la siguiente pregunta “**¿En qué áreas considera usted que se interviene más económicamente por parte del gobierno y de la Administración Local?**”; los resultados muestran que el sector de Obras Públicas es donde se interviene más económicamente, obteniendo un 34,67%. Estos porcentajes demuestran que la Administración Local se enfoca más en la inversión de obras que en inversión de servicios hacia los ciudadanos, mismos que son necesarios para poder migrar de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente.

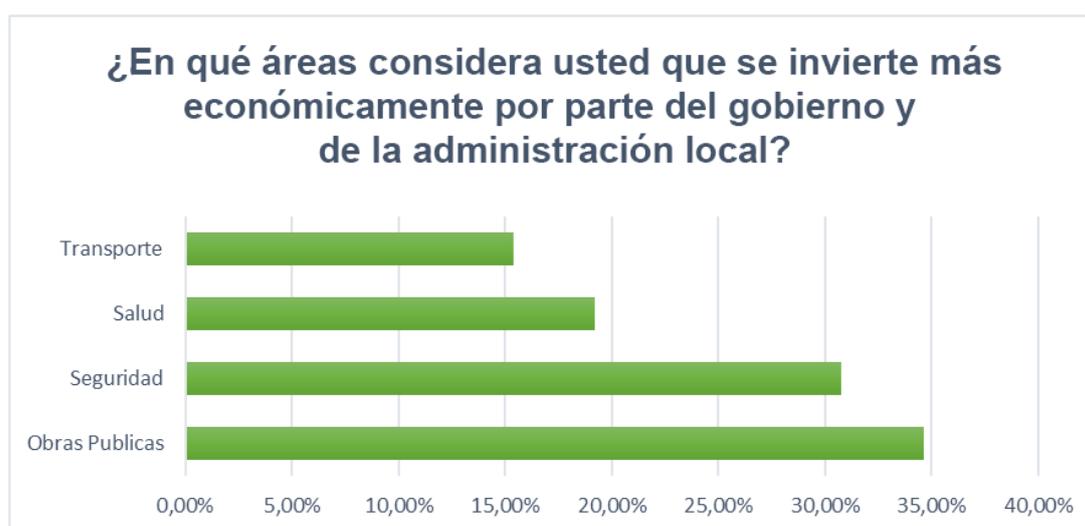


Figura 4.8. Porcentaje de Áreas con Inversión por el Gobierno y la Administración Local.

Pregunta # 9

Con el fin de conocer el grado de satisfacción de los sistemas de transporte, se realizó la siguiente pregunta “**¿Desde su punto de vista como considera la Gestión de Movilidad y los Sistemas de Transporte de la ciudad de Quito?**”, obteniendo como resultados que el 92,31% de los encuestados demuestran un nivel de insatisfacción con el actual sistema de transporte de la ciudad y con la gestión de la movilidad; para lo cual la Administración Local debería realizar cambios, no solo de forma sino de fondo en la gestión con el fin de mejorar en la calidad del servicio hacia los ciudadanos.

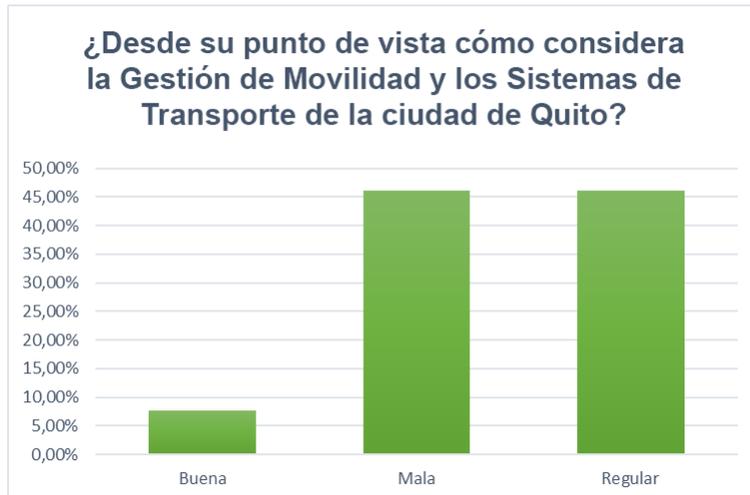


Figura 4.9. Porcentaje de Percepción en la Gestión de Movilidad y Sistemas de Transporte de Quito.

Pregunta # 10

En lo que respecta a la pregunta “¿Cuál de las siguientes características cree usted que se debe tener en cuenta al realizar un plan de movilidad inteligente?”, los encuestados indicaron, con el 61,54%, a la mejora en el servicio de transporte público como la característica principal al momento de desarrollar un plan integral de movilidad. Estos resultados obedecen a que la ciudadanía espera por parte de la Administración Local un servicio de transporte público eficaz y eficiente, mismo que sea capaz de brindar todas las facilidades a los usuarios tanto en los aspectos de seguridad, rapidez y comodidad, y así llegar a tener un sistema de transporte de óptima calidad.

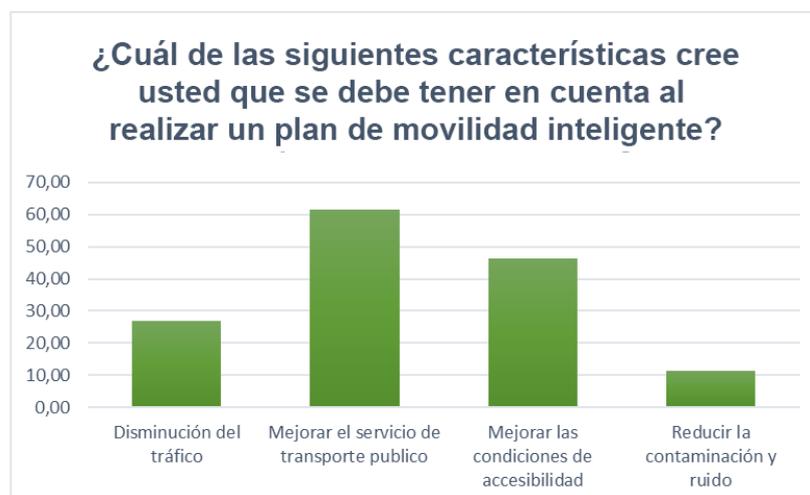


Figura 4.10. Porcentaje de Características a Considerar en un Plan de Movilidad.

Pregunta # 11

Para conocer la opinión sobre la influencia de la tecnología, se realizó la siguiente pregunta “**¿Considera usted que la tecnología mejora la calidad de vida de las personas?**”, misma que indica, con un 50%, que la tecnología sí mejora la calidad de vida de las personas, ya que permite estar conectados sin tener en cuenta la distancia de las personas, así como también tener notificaciones en tiempo real sobre los acontecimiento locales y mundiales.



Figura 4.11. Porcentaje de Uso de la Tecnología para Mejorar la Calidad de Vida.

Pregunta # 12

Para los ciudadanos el Smartphone es el dispositivo más utilizado; su fundamento se debe a varios factores como por ejemplo su portabilidad, su funcionalidad, sus aplicaciones, etc., así como también su fácil adquisición. Estos han permitido facilitar la comunicación de las personas traspasando fronteras, quedando demostrado con las respuestas obtenidas a la pregunta “**¿Qué tipos de dispositivos inteligentes utiliza en su vida diaria?**”, obteniendo la opción Smartphone el 96,15% de las mismas.

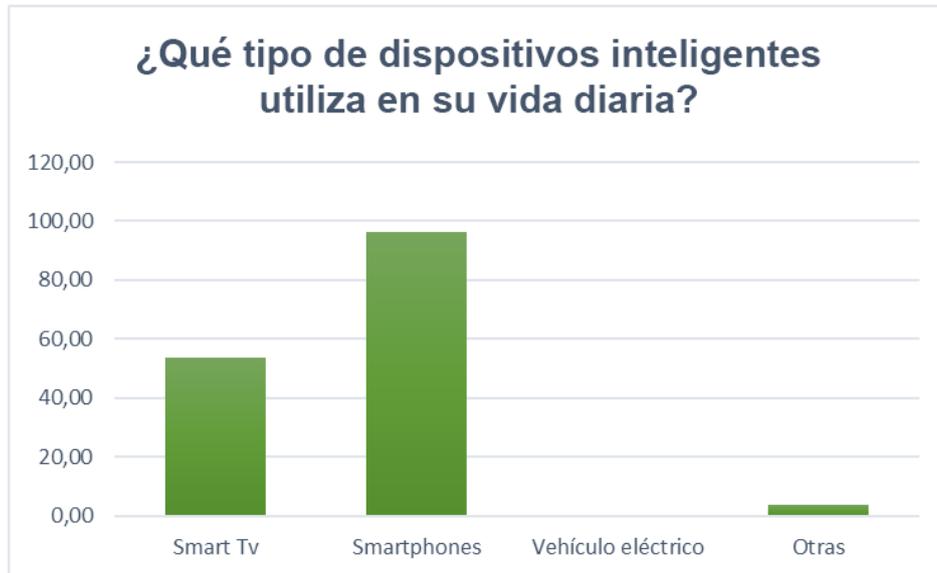


Figura 4.12. Porcentaje de Tipos de Dispositivos Inteligentes Utilizados.

Pregunta # 13

Para la pregunta “**¿Considera usted que es una ventaja vivir en una ciudad inteligente?**”; el 73,08% de las respuestas fueron afirmativas, lo que indica que la ciudadanía conoce de las ventajas y beneficios que posee una Smart City, y además tiene la visión a futuro de vivir en una ciudad inteligente para así mejorar su calidad de vida.

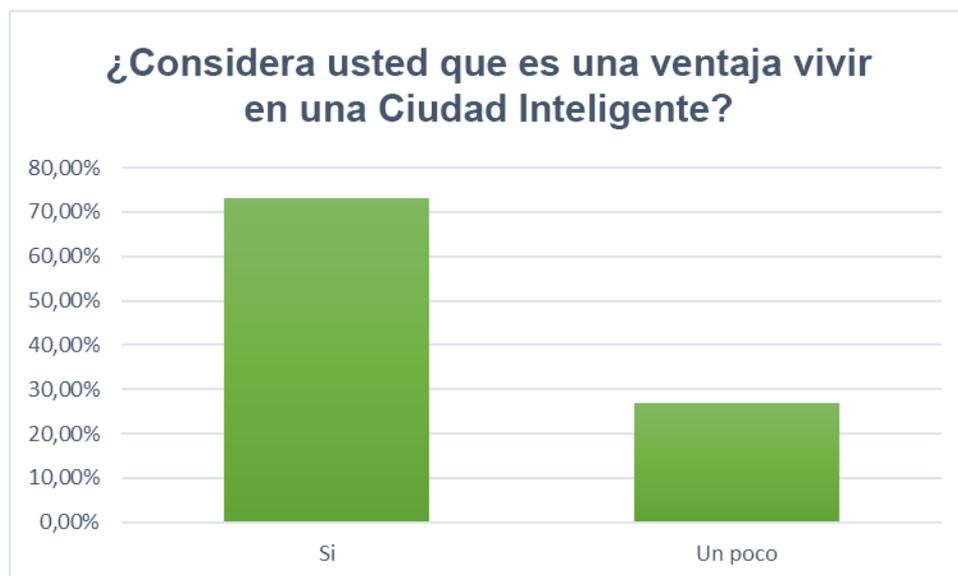


Figura 4.13. Porcentaje de Consideración de Vivir en una Ciudad Inteligente.

Pregunta # 14

Para determinar la fácil accesibilidad a Internet se planteó la siguiente pregunta “**¿Dispone de conexión a internet desde su celular?**”, obteniendo como resultado que el 73,08% de los ciudadanos encuestados tiene acceso a internet desde sus dispositivos móviles, con lo cual se determina que existen las facilidades necesarias para acceder a este servicio tanto en infraestructura como en lo económico. Esto permite tener una idea a futuro que al momento que la ciudad llega a convertirse en una ciudad inteligente los ciudadanos podrán beneficiarse de los servicios de manera inmediata, además de contar con una aceptable infraestructura de telecomunicaciones.

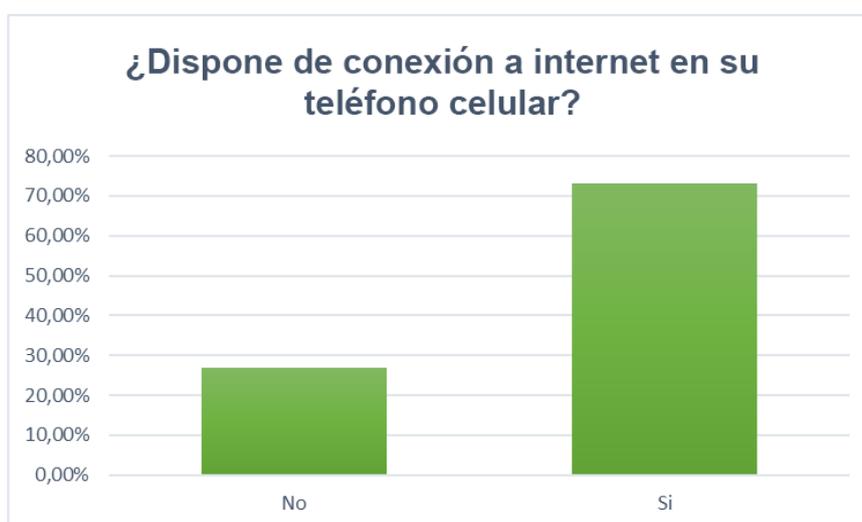


Figura 4.14. Porcentaje de Disponibilidad de Conexión a Internet desde Teléfono Celular.

Pregunta # 15

Por último, se consultó a la ciudadanía “**¿Cuál cree usted que sería el principal beneficio que se obtendría en Quito si se convirtiera en una ciudad inteligente?**”, esto con la finalidad de determinar que ámbito obtendría una mejora de concretarse la transformación, obteniendo como resultado que el 50% opina que el principal beneficio sería tener una mejor calidad de vida. Estos resultados no difieren de la realidad y del principal objetivo de una *Smart City*, ya que al convertirse Quito en una ciudad inteligente, mejoraría sustancialmente la calidad de vida de sus habitantes automatizando la mayoría de sus servicios ofreciendo con ello mayor agilidad, eficiencia y eficacia en el uso de sus recursos.



Figura 4.15. Porcentaje de Percepción del Principal Beneficio de una Ciudad Inteligente.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos de las encuestas realizadas, se puede señalar que la población tiene poco conocimiento en lo que respecta al tema de *Smart Cities*, lo cual se puede atribuir a la falta de difusión de los proyectos que se están implementado, así como también de los beneficios que estos otorgan a los ciudadanos en general. Adicionalmente, gracias a las preguntas planteadas, se pudo vislumbrar los ámbitos en los cuales la población percibe grandes falencias, tanto en la parte administrativa como en la parte operativa; y que necesitan se tomen acciones por parte de la Administración Local, mismas que deberán ser enfocadas con una visión sostenible siempre teniendo presente los conceptos *Smart*; lo cual contribuirá en la generación de una hoja de ruta para iniciar con la migración de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- a. El presente Trabajo de Titulación se obtiene como resultado el planteamiento de una Propuesta Metodológica para la migración de una ciudad tradicional a una Ciudad Inteligente y de una Arquitectura Conceptual, basada en niveles, los cuales son: Capitación de Datos, Interconexión, Conocimiento, Interoperabilidad, Servicios y Soporte, como una primera guía para la definición de diferentes proyectos para llegar a ser una *Smart City*.
- b. Para la realización de esta propuesta se realizó una revisión exhaustiva del Estado de Arte, analizando así: documentos, proyectos y artículos, conferencias y revistas relacionados al desarrollo e implementación de las *Smart Cities*. Esto ha permitido crear una metodología de migración, no encontrada en otras fuentes, y personalizada a las características y falencias de la ciudad caso de estudio Quito.
- c. Con la implementación de esta guía metodológica, sería posible realizar una migración más eficiente, ya que se establece una hoja de ruta que enmarca los diferentes aspectos que se deben de tomar en cuenta al momento de transformar una Ciudad Tradicional en una Ciudad Inteligente, como por ejemplo, entre los más importantes a citar: la Estructuración del Equipo de Trabajo, el Análisis de la Situación Actual de la Ciudad, Definición de la Misión, Visión y Objetivo, la Priorización de Servicios, la Elaboración del Plan de Acción, el Establecer Alianzas y Colaboraciones, la Difusión del Proyecto y la Evaluación de los Resultados.
- d. A través del estudio de la situación actual de la ciudad de Quito, considerada en este Proyecto como caso de estudio, se logra realizar una propuesta de infraestructura tecnológica para los ámbitos más significativos dentro de una *Smart City*, los cuales son Movilidad y Transporte, Calidad de Vida y Entretenimiento, Educación y Personas, Gestión de Riesgos y Salud; así como también de proponer algunos proyectos capaces de aportar en el desarrollo de la ciudad.
- e. Dentro del marco legal se han estudiado y analizado leyes de otros países con casos de éxitos en la transformación de Ciudades Inteligentes, con lo cual se ha llegado a la conclusión que la legislación ecuatoriana, debería ser modificada, con la finalidad de que sea más abierta hacia la inversión extranjera y la cooperación de empresas privadas que puedan ayudar a la implementación de nuevas

tecnologías, así como también en la mejora de la prestación de servicios de telecomunicaciones.

- f. Analizadas las respuestas obtenidas en las encuestas, se observa que el 63% desconoce del término *Smart City*; además, se pudo conocer los principales aspectos en los cuales se requiere una mejora integral y que son la mayor preocupación de la ciudadanía; con lo cual la Administración Local deberá atender de manera prioritaria, siempre teniendo en cuenta los conceptos *Smart*.

5.2 Recomendaciones

- a. Para la implementación de esta u otra metodología se recomienda seleccionar las tecnologías a utilizar acorde a la realidad de una ciudad, mediante un análisis previo de ciudad inteligente que se desea tener. Esto con la finalidad de aportar al desarrollo de la ciudad y brindar un servicio que mejore la calidad de vida de sus habitantes.
- b. Se recomienda profundizar en el estudio de los diferentes niveles de servicio, así como también, las diferentes tecnologías que intervienen en el diseño de una arquitectura para el diseño de nuevas propuestas, con el objetivo de que se acople de mejor manera a la situación actual de cada ciudad. Al mismo tiempo, cabe señalar que no es posible concluir con el estudio de las tecnologías, ya que estas se encuentran en constante evolución obteniendo mejoras, beneficios y nuevas formas de aplicación.
- c. Sería interesante el realizar un diseño o modelo de evaluación que permita determinar, mediante la implementación de indicadores, la situación actual de las ciudades que van a iniciar su proceso de migración en una ciudad inteligente, así como también, el avance de las ciudades que ya se encuentran en este proceso.
- d. Se recomienda la implementación de más proyectos piloto en los ámbitos Smart considerando los servicios de mayor interés para una ciudad, así como también comunicar el desarrollo de estos, con la finalidad de que la mayor parte de ciudadanos puedan beneficiarse de los mismos; obteniendo así una participación ciudadana más activa con la cual se pueda conocer los principales problemas y dar una solución integral a los mismos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Listar todas las referencias bibliográficas citadas en el texto, siguiendo las normas de estilo IEEE.

- [1] Gildo Seiseddos, Smart Cities: La transformación digital de las ciudades. Disponible en: <https://iot.telefonica.com/libroblanco-smart-cities/media/libro-blanco-smart-cities-esp-2015.pdf>.
- [2] Agencia Pública de Noticias de Quito, Pública de Noticias de Quito, Alcalde Metropolitano, 2017-06-30 Disponible en: http://www.noticiasquito.gob.ec/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=26710&umt=Quito%20ser%E1%20la%20primera%20Smart%20City%20de%20Latinoam%E9rica.
- [3] El Comercio, Guaifai, Ana María Carvajal, Disponible en: <http://www.elcomercio.com/guaifai/quito-smartcity-tecnologiaservicio-ranking.html>.
- [4] Áreas Smart City, Publicado en 2013, Disponible en: <http://www.creatingsmartcities.es/ambitosmart.php>.
- [5] Código Postal Ecuador, Disponible en: <http://www.codigopostalecuador.com/quito-1896>.
- [6] Constitución de la República del Ecuador, Disponible en: http://www.silec.com.ec/Webtools/LexisFinder/DocumentVisualizer/DocumentVisualizer.aspx?id=PUBLICO-CONSTITUCION_DE_LA_REPUBLICA_DEL_ECUADOR&query=constituci%C3%B3n%20del%20ecuador#I_DXDataRow0.
- [7] Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública, Disponible en: <http://www.seps.gob.ec/interna-npe?775>.
- [8] Ley del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos, Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/Ley-Organica-del-Sistema-Nacional-de-Registro-de-Datos-Publicos.pdf>.
- [9] Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos, Disponible en: http://www.justicia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Ley_de_Comercio_Electronico.pdf.

- [10] Habitat III Issue Papers, 21 - Smart Cities, New York, 31 de Mayo de 2015, Disponible en: https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2015/04/Habitat-III-Issue-Paper-21_Smart-Cities-2.0.pdf.
- [11] Maurício Bouskela, Márcia Casseb, Silvia Bassi, Cristina De Luca y Marcelo Facchina, La ruta hacia las *Smart Cities*: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente, Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7743/La-ruta-hacia-las-smart-cities-Migrando-de-una-gestion-tradicional-a-la-ciudad-inteligente.pdf?sequence=10>.
- [12] Ariel y Fundación Telefónica , Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas, Disponible en: https://www.socinfo.es/contenido/seminarios/1404smartcities6/01-TelefonicaSMART_CITIES-2011.pdf.
- [13] Dora Alicia Reyes Echeagaray, Tecnologías de Información y Comunicación en las Organizaciones, Primera edición 2016, Publicado el 27 de mayo de 2016, Disponible en: <http://publishing.fca.unam.mx/tic/TIC-Organizaciones.pdf>.
- [14] José Manuel Hidrobo, Telecomunicaciones Tecnologías, Redes y Servicios, 2da edición actualizada, EVOLUCIÓN DE LAS COMPUTADORES, Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=CrA-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Redes+y+servicios+de+telecomunicaciones&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigr-7C2tfdAhXLzIMKHbM1C9EQ6AEILTAB#v=onepage&q=Redes%20y%20servicios%20de%20telecomunicaciones&f=false>.
- [15] José E. Briceño Márquez, Transmisión de Datos, Tercer edición, Abril 2005, Disponible en: <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/trasmisiondedatos/pdf/librocompleto.pdf>.
- [16] Juan Guillermo Perenguez Narváez, Surgimientos, Historia y Evolución de las TIC, Disponible en: <https://prezi.com/y1doqygdhpex/surgimientos-historia-y-evolucion-de-las-tics/>.
- [17] EPEC, La invención de la televisión, La historia de la electricidad, Disponible en: <https://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/fichatelevision.pdf>.
- [18] Andrew S. Tanenbaum, Redes de Computadoras, Cuarta edición, Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38458748/Redes_de_Computado

ras_4ta_edicion-Tanenbaum.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1524072765&Signature=JTkV11qy1IP7%2FZqBZog3Vs5I%2Bg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DRedes_de_Computadoras_4ta_edicion-Tanenb.pdf.

- [19] Consuelo Belloch Ortí, Universidad de Valencia, Las Tecnologías de la Información y Comunicación, Disponible en: <https://www.uv.es/~bellohc/pdf/pwtic1.pdf>.
- [20] Ariel y Fundación Telefónica, Las TIC en la Administración Local del Futuro. Disponible en: https://publiadmin.fundaciontelefonica.com/index.php/publicaciones/add_descargas?tipo_fichero=pdf&idioma_fichero=_&title=Las+TIC+en+la+Administraci%C3%B3n+Local+del+futuro&code=24&lang=es&file=las_tic_en_la_administracion_local_del_futuro.pdf.
- [21] David Suárez, Revista Telco Telecomunicaciones, Disponible en www.computerworld.com.ec.
- [22] www.innovus.tech/.
- [23] Ariel y Fundación Telefónica, Las TIC en la Administración Local del Futuro. Disponible en: https://publiadmin.fundaciontelefonica.com/index.php/publicaciones/add_descargas?tipo_fichero=pdf&idioma_fichero=_&title=Las+TIC+en+la+Administraci%C3%B3n+Local+del+futuro&code=24&lang=es&file=las_tic_en_la_administracion_local_del_futuro.pdf.
- [24] Dr. Shu Yinbiao, Project Leader, Internet of Things: Wireless Sensor Networks, Disponible en: <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-internetofthings-LR-en.pdf>.
- [25] Ing. Omar Américo Fata, Universidad Nacional de la Plata, Redes de Sensores, Mayo 2011, Disponible en: sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4196/Documento_completo_en_baja_resolucion%C3%B3n.pdf?sequence=3.
- [26] Marco Zennaro, ICTP Trieste-Italy, Introduction to Wireless Sensor Networks, October 2010, Disponible en: www.academia.edu/download/30289976/introduccion_a_wsn.pdf.
- [27] Osmar Mendoza Vaca, Universidad Politécnica de Madrid, Análisis de Redes de Distribución de Contenidos Multimedia sobre LTE mediante escenarios Virtuales, 2015, Disponible en: http://www.dit.upm.es/~posgrado/doc/TFM/TFMs2014-2015/TFM_Osmar_Mendoza_Vaca_2015.pdf.
- [28] Suazo Matus Javier Andrés, Universidad Técnica federico Santa Maria, Niveles de

- Caché Web sobre Información Georreferenciada Utilizando Geohashes, 2017, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305722381_Content_Delivery_Networks_Architecture_Features_and_Benefits.
- [29] Mustafa Aljumaily, University of Tennessee, Knoxville, Content Delivery Networks Architecture, Features and Benefits, 2016, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305722381_Content_Delivery_Networks_Architecture_Features_and_Benefits.
- [30] Óscar Roncero Hervás, Universidad Politécnica de Catalunya, Software Defined Networking, Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21633/Memoria.pdf>.
- [31] Luis Joyanes Aguilar, Catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad Pontificia de Salamanca campus Madrid, La Computación en Nube (Cloud Computing): El nuevo paradigma tecnológico para empresas y organizaciones en la Sociedad del Conocimiento, Disponible en: <https://revistas.upcomillas.es/index.php/revistaicade/article/view/289/223>.
- [32] Alberto Urueña, Ministerio de Industria, Energía y Turismo – Gobierno de España, Cloud Computing Retos y Oportunidades, 2012, Disponible en: http://www.ontsi.red.es/ontsi/sites/ontsi/files/1-estudio_cloud_computing_retos_y_oportunidades_vdef.pdf.
- [33] María Murazzo, Flavia Millán, Nelson Rodríguez, Daniela Segura, Daniela Villafañe, Universidad Nacional de San Juan, Desarrollo de Aplicaciones para Cloud computing, 2010, Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19374>.
- [34] Keith R. Jackson, Krishna Muriki, Shane Canon, 2nd IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science, Performance Analysis of High Performance Computing Applications on the Amazon Web Services Cloud, 2010, Disponible en: hostel.ufabc.edu.br/~cak/inf103-2013/performance_analysis_high_performance_computing_applications_amazon_web_services_cloud_cloudcom-2010.pdf.
- [35] Óscar Ávila Mejía, Depto. de Ingeniería Eléctrica. UAM-I, Computación en la Nube, 2011, Disponible en: www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n80ne/nube.pdf.

- [36] Jorge Lastras Hernansanz, Javier Lázaro Requejo, Joathan David Mirón García, Universidad Complutense de Madrid, Arquitecturas de red para servicios Cloud computing, 2008/2009, Disponible en: http://eprints.ucm.es/9452/1/Arquitectura_de_red_para_servicios_en_Cloud_Computing_-_Jorge_Lastras_Hernansanz,_Javier_L%C3%A1zaro_Re.pdf.
- [37] Luis Fernando Espino Barrios, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cloud Computing como una red de Servicios, Noviembre 2009, Disponible en: https://www.academia.edu/13241776/CLOUD_COMPUTING_COMO_UNA_RED_DE_SERVICIOS.
- [38] Enrique Jiménez Domingo, Tesis Doctoral de Modelo de Interoperabilidad para Plataformas de Cloud Computing basado en Tecnologías del Conocimiento, Universidad Carlos III de Madrid, Octubre 2013, Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/18172/tesis_enrique_jimenez_domingo_2013.pdf?sequence=1.
- [39] Luis Joyanes Aguilar, Catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad Pontificia de Salamanca, Computación en la Nube, Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos, Núm 0/2012. Disponible en: <https://revista.ieee.es/article/view/406/706>.
- [40] Grace Lewis, Software Engineering Institute, Basics About Cloud Computing, 2010. Disponible en: https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/WhitePaper/2010_019_001_28877.pdf.
- [40] Yashpalsinh Jadeja, Dept. of Computer Engineering &- IT, Cloud Computing – Concepts Architecture and Challenges, 2012. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/254035330>.
- [41] Hiba Jasim Hadi, International Journal of Advances in Electronics and Computer Science, Big Data and Five V's characteristics, 2015. Disponible en: http://www.iraj.in/journal/journal_file/journal_pdf/12-105-142063747116-23.pdf.
- [42] Gerente del BID, SMART CITY ECUADOR 2018. Disponible en: <https://research.ijcaonline.org/icaaim2016/number2/icaaim201656.pdf>.
- [43] Walunj Swapnil K., International Journal of Computer Applications, Big Data: Characteristics, Challenges and Data Mining, 2016. Disponible en:

<https://research.ijcaonline.org/icaim2016/number2/icaim201656.pdf>.

- [44] The Institutes, Big Data Analytics for Risk and Insurance, Exploring Big Data Analytics, Disponible en: https://www.theinstitutes.org/doc/AIDA_181.pdf.
- [45] José Luis del Val Román, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Industria 4.0: la transformación digital de la industria, Disponible en: coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf.
- [46] Cisco, Connections Counter: The Internet of Everything in Motion, Publicado el 29 de Julio de 2013, Disponible en: <https://newsroom.cisco.com/feature-content?articleId=1208342>.
- [47] Jayavardhana Gubbi, The University of Melbourne, Internet of Things (IoT): A vision, Architectural Elements and Future Directions, Disponible en: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1207/1207.0203.pdf>.
- [48] Carlos Cortés, Centro de Estudios en Libertad de Expresión y Acceso a la Información, El Internet de las Cosas: Más Internet que otra cosa, Disponible en: <https://www.palermo.edu/cele/pdf/Paper-IoT-DEF.pdf>.
- [49] Dave Evans, Internet de las Cosas, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) 2011, Disponible en: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf.
- [50] Dave Evans, Grupo de Soluciones Empresariales para Internet (IBSG) de CISCO, Internet of Things La próxima evolución de Internet lo está cambiando todo, Disponible en: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_es/assets/executives/pdf/Internet_of_Things_IoT_IBSG_0411FINAL.pdf.
- [51] Álvaro Palacios Tolón, Universidad Politécnica de Madrid, Diseño de Solución Interoperable para Aplicaciones M2M, 2013. Disponible en: http://oa.upm.es/22160/1/PFC_ALVARO_PALACIOS_TOLON.pdf.
- [52] Jordi Salazar y Santiago Silvestre, Tech Pedia, Internet de las Cosas, Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08_R_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- [53] Marcelo Alcaraz, Universidad Católica, Internet de las Cosas, Disponible en: <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/Internet-of-Things.pdf>.
- [54] Antonio Cobos Domínguez, Universidad de Sevilla, Diseño e Implementación de una arquitectura IoT basada en Tecnología Open Source, 2016. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70884/fichero/TFM-Antonio+Cobos+Dominguez.pdf>.
- [55] David Benítez Machado, University of Santiago, Chile, Propuesta de arquitectura para Internet de las Cosas, November 2016, Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/David_Benitez_Machado/publication/320353907_Propuesta_de_arquitectura_para_Internet_de_las_Cosas/links/59df940c0f7e9b2dba839ede/Propuesta-de-arquitectura-para-Internet-de-las-Cosas.pdf.
- [56] Roby Nelson Londoño Ortiz, Programa Tecnología en Sistemas 2016, Universidad de Manizales, Internet de las Cosas, Disponible en: <httphttps://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2916/informe%20final%20monografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [57] Ariel Segura, Universidad Nacional de Lanus, Arquitectura de software de referencia para objetos inteligentes en Internet de las Cosas, 2015. Disponible en: <http://sistemas.unla.edu.ar/sistemas/gisi/TFLS/Segura-TFL.pdf>.
- [58] ETSI, A European Standards Organization, Disponible en: <https://www.etsi.org>
- [59] Rodriguez Ricardo Emilio y Perelmiter Ramiro Javier, Universidad Argentina de la Empresa, Diseño de una Plataforma de M2M para ordenadores Móviles, 2016. Disponible en: <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/6514/PFI-Rodriguez.Perelmiter.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [60] Javier Alonso Navarro Giovanetti, Universidad Austral de Chile, Evolución de 3G y su Convergencia a 4G en Comunicaciones Móviles, 2008, Disponible en: cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcin322e/sources/bmfcin322e.pdf.
- [61] Evelio Martínez, Publicado en la Revista RED, Adecom, La Evolución de la Telefonía Móvil: La guerra de los celulares, 2001, Disponible en: https://www.academia.edu/6042142/LECTURAS_La_evoluci%C3%B3n_de_la_telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_La_guerra_de_los_celulares.

- [62] Fernando Galindo Rubio, El audiovisual en la telefonía móvil 3G, Consideraciones formales para una comunicación eficaz, 2005, Disponible en: <http://www.ehu.eus/ojs/index.php/Zer/article/view/3846/3428>.
- [63] Chimbo Rodríguez Maritza Cecibel, Universidad Politécnica Salesiana, Análisis de la Propuesta de Evolución de Redes 3G y su Convergencia a la Tecnología 4G para redes de Telefonía Móvil, 2012, Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2072>.
- [64] Danilo Geovanny Barreno Naranjo, Darwin Paúl Carrión Buenaño, Iván Tenecora Mejía, Universidad Estatal de Bolívar Guaranda, Jefe Técnico de CNT EP, Evolución de la Tecnología Móvil: Camino a 5G, Noviembre 2016, Disponible en: www.eumed.net/rev/cccss/2016/04/5G.zip.
- [65] Carmen Julia Carceller Cobos (2016), La gamificación en aplicaciones móviles ecológicas: análisis de componentes y elementos de juegos, Sphera Pública, Disponible en: <http://sphera.ucam.edu/index.php/sphera-01/article/viewFile/280/249>.
- [66] David Landeta, El Comercio (2018), Waze un copiloto invisible que lo sabe todo, o casi todo, Disponible en: <https://www.elcomercio.com/afull/waze-aplicacion-traffic-conductores-tecnologia.html>.
- [67] El Economista, Facebook alcanza 2,000 millones de usuarios, Publicado el 27 de Julio de 2017, Disponible en: <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Facebook-alcanza-los-2000-millones-de-usuarios-20170627-0013.html>.
- [68] Revista COMPUTERWORLD, Fuente Intel, IDG, Gartner, Disponible en: www.computerworld.com.ec.
- [69] Carlos Alberto Patiño, Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia, Debates de Gobiernos Urbanos, Ciudades inteligentes, Disponible en: <https://www.institutodeestudiosurbanos.info/observatorio-de-gobierno-urbano/publicaciones-de-debates-urbanos/1412-debates-de-gobierno-urbano-14/file>.
- [70] Guia para emprendedores TIC, ETICS Negocios TICsostenibles, Disponible en: <http://www.conetic.info/wp-content/uploads/2017/05/GUI%CC%81A-ETICS.pdf>.
- [71] Gina Paola Maestre Góngora, Universidad del Norte, Colombia, Revisión de Literatura sobre ciudades inteligentes: una perspectiva centrada en las TIC, Disponible en: revistas.unilibre.edu.co/index.php/ingeniare/article/download/531/414.

- [72] Sekhar N. Kondepudi, Universidad Nacional de Singapur, UIT-T Grupo Temático sobre Ciudades Inteligentes Sostenibles, Una visión general de las ciudades inteligentes sostenibles y el papel de las tecnologías de información y comunicación, 2014.
- [73] Centro de Información de la Calidad, Asociación Española para la Calidad, Smart Cities: Cidades Inteligentes, Disponible en: https://www.aec.es/c/document_library/egt_gile?uuid=c8b4e9a6-1796-4e90-9ddd-4ceb3ac66a81&groupId=10128.
- [74] Luis Muñoz López, Deloitte, Estudios y Guía Metodológica sobre Ciudades Inteligentes, Noviembre 2015, Disponible en: http://transparencia.gob.es/transparencia/dam/jcr:49c89e9e-52e0-4bae-b9fd-d199f76b1779/Estudio_ciudades_inteligentes.pdf.
- [75] Javier Cabeza López-Vázquez, Deloitte, Universidad de Cantabria, Estudio de la Situación Actual de las Smart Grids, Septiembre 2016, Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/9143/386883.pdf>.
- [76] World Health Organization, Disponible en: <http://www.who.int/>.
- [77] Martín Pérez Sánchez, AMETIC, Foro TIC Para la Sostenibilidad, 2012 Smart Cities, Disponible en: http://ametic.es/sites/default/files/Informe_Smart_Cities.pdf.
- [78] PrimeStone, Top 5 de Smart Cities que ya son una realidad, Publicado 23 de Enero de 2018, Disponible en: <http://primestone.com/es/noticias/top-5-de-smart-cities-que-ya-son-una-realidad/>.
- [79] Darío Amar Flórez, Banco Interamericano de Desarrollo, Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes, Medellín Colombia, Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7716/Estudios-de-casos-internacionales-de-ciudades-inteligentes-Medellin-Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [80] Ciudad Inteligente: Proyecto de activación de entornos de negocios locales, Agosto 2014, Disponible en: <http://www.masnoticias.co.ve/2014/08/ciudad-inteligente-proyecto-de-entorno-negocios-locales.html>.
- [81] María del Carmen Tomás Pérez, Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial en Taiwán, 2016, Disponible en: https://www.cdti.es/recursos/doc/Programas/Cooperacion_internacional/Taiwan/13258_711711201614454.pdf.

- [82] Maryuri Carreño Guzman, Contribución de las TIC para la Implementación de Smart City en Colombia, Universidad Piloto de Colombia (2014), Disponible en: <http://35.227.45.16/bitstream/handle/20.500.12277/1027/00001782.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [83] Ricardo Carrasco Benavides, Universidad Técnica Federico Santa María, Evaluación de sistemas de gestión para optimizar estacionamiento con IoT, Disponible en: https://www.mti.cl/wp-content/uploads/2019/01/Tesina_2018_Carrasco-Ricardo.pdf.
- [84] Eva Avellana Doménech, Universidad Politécnica de Valencia, Ciudad Inteligente (Smart City), Gnadía, Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/46870/Memoria.pdf?sequence=1>.
- [85] Sanam Kazi, Murtuza Bagasrawala, Farheen Shaikh, Anamta Sayyed, Dpt. of IT MHSSCOE, Smart E-Ticketing System for Public Transport Bus, Mumbai, Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8537302>.
- [86] Diego Zambrano Benavides, El Colombiano, Medellín tendría 500 taxis eléctricos en 2018, Publicado el 26 de Diciembre de 2017, Disponible en: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/los-taxis-electricos-empezaran-a-llegar-a-medellin-en-2018-LK7914397>.
- [87] Giovanni Bonilla, F1 Latam.com, Presentación oficial en Colombia de los primeros Taxis Eléctricos, Septiembre 2013, Disponible en: <http://www.f1latam.com/autos/noticias.php?idn=1600>.
- [88] Alberto Los Santos Aransay, Universidad de Vigo, Aplicación de las Redes de Sensores en el entorno vehicular, Mayo 2009, Disponible en: www.albertolsa.com/wp-content/uploads/2010/04/rsi-aplicacion-de-las-redes-de-sensores-en-el-entorno-vehicular-alberto-los-santos.pdf.
- [89] Generalitat de Catalunya, T-Mobilitat, Disponible en: <https://web.gencat.cat/es/actualitat/reportatges/t-mobilitat/>.
- [90] Irina Makarova, Ksenia Shubenkova, Vadim Mavrin, Aleksey Boyko, Department Kazan Federal University Naberezhnye Chelny, Development os Sustainable Trasnport in Smart Cities, Russia, Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8065922>.
- [91] Jeremy Green, Principal Analyst, The smart City Playbook: smart, safe, sustainable, Noviembre 2016, Disponible en: <https://static.esmartcity.es/media/2017/02/nokia->

informe-practicas-smart-cities.pdf.

- [92] Faiz M Bhutta, International Conference on Energy Conservation and Efficiency (ICECE), Pakistan, 2017, Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8248820>.
- [93] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Mapa Tecnológico “Ciudades Inteligentes”, Observatorio Tecnológico de la Energía, Disponible en: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Borrador_Smart_Cities_18_Abril_2012_b97f8b15.pdf.
- [94] José Luis Marín, Dirección General de Distribución de Endesa, Smart City Málaga: Un modelo de gestión energética sostenible para las ciudades del futuro, Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjPyJmzKnhAhVCqIkKHUJZCIEQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.endesa.com%2Fcontent%2Fdam%2Fenel-es%2Fhome%2Fprensa%2Fpublicaciones%2Fotraspublicaciones%2Fdocumentos%2FSMARTCITY%2520MALAGA%2520UN%2520MODELO%2520DE%2520GESTION%2520ENERGETICA%2520SOSTENIBLE.pdf&usg=AOvVaw0j_hy0VysqGr-TQUTGvPPZ.
- [95] José Antonio Teixeira Vitienes, eSmartcity.es Todo doble ciudades inteligentes, Servicios Smart Santander en el ámbito de la eficiencia medioambiental, Publicado el 21 de junio de 2016, Disponible en: <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/servicios-smart-santander-ambito-eficiencia-medioambiental>.
- [96] Mari Carmen Cabrera Martín, Smart Cities, La nueva realidad de las ciudades, Disponible en: http://femp.femp.es/files/566-1420-archivo/MARICARMEN_SMART%20CITIES.pdf.
- [97] José María López Pol, Universitat Politècnica de Valencia, Smart Cities: nuevos focos de innovación para un desarrollo sostenible, Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/18428>.
- [98] Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, Gobierno de España: Ministerio de Educación y Formación Profesional, Samsung Smart School, Disponible en: <https://intef.es/tecnologia-educativa/samsung-smart-school/>.
- [99] Citrix, Disponible en: www.citrix.com.

- [100] Alberto Marbán Peláez, Universidad de Valladolid, Smart cities y servicios públicos urbanos: El futuro de Castilla y León como smartland, Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/34424>.
- [101] Federico W. von Son, Gonzalo R. Ceballos, Víctor M. Larios, University of Guadalajara, Smart Genetics for Smarter Health – An innovation proposal to improve wellness and health care in the cities of the future, Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8090837>.
- [102] Dra. Ilaria Anna Colussi, Universidad de Lieja, E-health y sus implicaciones jurídicas: el marco europeo e italiano, Bélgica, Junio 2018, Disponible en: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/204369>.
- [103] Yolanda Hernández Sánchez, Universitat Oberta de Catalunya, Diseño de una red de fibra metropolitana para servicios avanzados de s-Health en Smart Cities, Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/90445>.
- [104] Quito Alcaldía, Disponible en: <http://quitotravel.ec/>.
- [105] Maryuri Carreño Guzman, Universidad Piloto de Colombia, Contribución de las TIC para la implementación de Smart City en Colombia, 2014, Disponible en: polux.unipiloto.edu.co:8080/00001782.pdf.
- [106] Consejo Económico y Social, Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Ciudades e infraestructuras inteligentes, Mayo 2016, Disponible en: https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ecn162016d2_es.pdf.
- [107] Antonio Muñoz, Universidad de Málaga, Gobierno Electrónico, Disponible en: <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/16529>.
- [108] R. Kurdi y M. Randles, “Propuesta de diseño para una aplicación portal de gobierno electrónico utilizando computación en nube”, 2013.
- [109] European eParticipation Summary Report. Comisión Europea, 2011, Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/index_es.
- [110] Alcaldía de Medellín, Disponible en: <http://www.mimedellin.org/>.
- [111] Andalucía Smart, Junta de Andalucía, Plan de impulso al desarrollo inteligente del territorio, Disponible en:

https://juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Diagnostico_Smart_de_Andalucia_0.pdf.

- [112] E. Julieta Cedillo-Elias, J. Antonio Orizaga-Trejo, Victor M. Larios, University of Guadalajara, Smart Government infrastructure based in SDN Networks: the case of Guadalajara Metropolitan Area, Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8656801>.
- [113] Gobierno de España, Disponible en: www.060.es.
- [114] Congreso Nacional, Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reforma, Ley No. 184 Registro Oficial No. 996 10 de agosto de 1992, Disponible en: http://www.redipd.es/legislacion/common/legislacion/ecuador/Ley_184_10081992_Teleco_reforma_Ecuador.pdf.
- [115] Ing. Hugo del Pozo Barrezueta, Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 18 de Febrero de 2015, Asamblea Nacional, Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>.
- [116] Red Iberoamericana de Protección de Datos, Disponible en <http://www.redipd.es/legislacion/ecuador-ides-idphp.php>.
- [117] Congreso Nacional, Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas, y Mensajes de Datos Ley N°.2002-67, Disponible en: http://www.redipd.org/legislacion/common/legislacion/ecuador/ecuador_ley_2002-67_17042002_comelectronico.pdf.
- [118] Asamblea Constituyente, Constitución de la República del Ecuador, Disponible en: http://www.silec.com.ec/Webtools/LexisFinder/DocumentVisualizer/DocumentVisualizer.aspx?id=PUBLICO-CONSTITUCION_DE_LA_REPUBLICA_DEL_ECUADOR&query=constituci%C3%B3n%20del%20ecuador#I_DXDataRow0.
- [119] Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública, Disponible en: http://www.silec.com.ec/Webtools/LexisFinder/DocumentVisualizer/FullDocumentVisualizerPDF.aspx?id=PUBLICO-LEY_ORGANICA_DE_TRANSPARENCIA_Y_ACCESO_A_LA_INFORMACION_PUBLICA.
- [120] Asamblea Nacional. Ley del Sistema Nacional de Registro de datos Públicos,

Disponible en:
http://www.silec.com.ec/Webtools/LexisFinder/DocumentVisualizer/FullDocumentVisualizerPDF.aspx?id=PUBLICO-LEY_ORGANICA_DEL_SISTEMA_NACIONAL_DE_REGISTRO_DE_DATOS_PUBLICOS.

- [121] Hernán Andrade Serrano, Congreso de Colombia, Ley N°1341 del 30 de Julio de 2009, Disponible en: https://mintic.gov.co/portal/604/articles-8580_PDF_Ley_1341.pdf.
- [122] M. Schulz, S. Gozi, El Parlamento Europeo y El Consejo de la Unión Europea, Diario Oficial de la Unión Europea, 28 de Agosto de 2018, Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2014/257/L00073-00114.pdf>.
- [123] Legislación Consolidada, Ley 11/2007 de acceso electrónico de los ciudadanos a los Servicios Públicos, 22 de Junio, Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/06/22/11/con>.
- [124] Paulo Brancher y Camila Taliberti, Reforma de la Ley de Telecomunicaciones en Brasil, Publicado el 2 de Marzo de 2017, Disponible en: <http://www.azevedosette.com.br/noticia/reforma-de-la-ley-de-telecomunicaciones-en-brasil/4373>.
- [125] Presidencia de la República, Casa Civil, Ley N°9.472, 16 de Julio de 1997, Disponible en: <http://clacpi.org/observatorio/wp-content/uploads/2011/12/1997-brasil-ley-9472.pdf>.
- [126] Federal Communications Commission, Disponible en: <https://www.fcc.gov/about-fcc>.
- [127] Public Law 104-104 – Feb.8.1996, Telecommunications Act of 1996, Disponible en: <https://www.congress.gov/104/plaws/publ104/PLAW-104publ104.pdf>.
- [128] Electronic Communications Act., Entry into force 01.01.2005, Disponible en: <https://www.riigiteataja.ee/en/eli/ee/Riigikogu/act/530102013049/consolide>.
- [129] Javier Vives - Eduardo Quiles, Requisitos de diseño de una Smart Grid para satisfacer las necesidades de una Smart City, Small and Medium Smart Cities Congress Alcoi 2018, Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/104672/Libro%20congreso%20color.pdf?sequence=3#page=99>.
- [130] Emilio Ontiveros, Diego Vizcaíno y Verónica López, Fundación Telefónica, Las

ciudades del futuro: inteligentes, digitales y sostenibles, Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjojfD2_f3kAhUMiqwKHdHABolQFjAlegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fpubliadmin.fundaciontelefonica.com%2Findex.php%2Fpublicaciones%2Fadd_descargas%3Ftipo_fichero%3Dpdf%26idioma_fichero%3Des_es%26title%3DLas%2Bciudades%2Bdel%2Bfuturo%253A%2Binteligentes%252C%2Bdigitales%2B%2Bsostenibles.%26code%3D561%26lang%3Des%26file%3DLa_ciudades_del_futuro.pdf&usg=AOvVaw1iCiSsXgu632zkvgkWOObEg.

[131] 15. Rubén Pérez García, Evolución LoRa/LoRaWan para escenarios de Smart City. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100922/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y,5/02/2017>.

[132] Secretaria de Salud, Disponible en: <https://www.quito.gob.ec/index.php/secretarias/secretaria-de-salud>.

[133] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, Internet: Boletín Estadístico del Sector de las Telecomunicaciones, Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/11/Boletin6.pdf>.

[134] Metro de Quito, Disponible en: <https://metrodequito.gob.ec>.

[135] Portal de Servicios Municipales, Disponible en: pam.quito.gob.ec.

[136] EMGIRS – EP, Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral e Residuos Sólidos, Disponible en: <https://emgirs.gob.ec/index.php/noticiasep/569-quito-hacia-el-futuro-el-bid-y-la-emgirs-unen-esfuerzos-para-gestionar-los-residuos>.

[137] Secretaría de Ambiente, Sistematización Talleres, Reunión y Foro, Disponible en: <http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php/biblioteca-digital/category/9-cambio-climatico?start=60>.

[138] EP EMSEGURIDAD, Empresa Pública Metropolitana de Logística para la Seguridad y Convivencia Ciudadana, Sistema de Alarma Comunitaria, Disponible en: <http://www.emseguridad-q.gob.ec/index.php/proyectos1/proyectos-tecnologicos/alarmas-comunitarias>.

ORDEN DE EMPASTADO