

Instituto Federal de Telecomunicaciones



Ciudades Inteligentes. Características y factores de desarrollo.

Ene-Jun 2019.

Los estudios, resultados y recomendaciones expresadas en el presente reporte no necesariamente reflejan el punto de vista del Instituto Federal de Telecomunicaciones, quedando a cargo del autor la responsabilidad de los mismos.

Ciudades Inteligentes. Características y factores de desarrollo.

Cuevas-Ruíz J.L.

Instituto Federal de Telecomunicaciones

Centro de Estudios

jose.cuevas@ift.org.mx

Resumen.

Se espera que para el 2050 la población en el mundo ronde los 10,000 millones de personas; de estas, se estima que el 60% habitará en las ciudades, por lo que la demanda de recursos y la sustentabilidad de estas son un factor muy importante a considerar. Una de las rutas a seguir para dar respuesta a este escenario es el desarrollo y consolidación de lo que se ha denominado Ciudades Inteligentes. En el presente documento se pretende identificar los factores tecnológicos que permitirán el desarrollo de estas Ciudades, conocer los indicadores de desarrollo propuestos por organismos internacionales, así como analizar las condiciones y elementos que permitan y promuevan su desarrollo.

I. Introducción.

Existen varias definiciones acerca de lo que una Ciudad Inteligente representa; sin embargo, casi todas coinciden en definir la característica de *inteligente* como la capacidad de hacer uso de redes de sensores de Internet de las Cosas (IoT) y tecnología para interconectar todos los componentes y estructuras que conforman estas ciudades; estas redes permitirán recabar una gran cantidad de información que será un insumo muy útil para la toma de decisiones haciendo uso técnicas como Inteligencia Artificial (AI) y Big Data, entre otras. Uno de los principales fines del desarrollo de una Ciudad Inteligente, sino es que el más importante, es mejorar el nivel de vida de sus habitantes, por medio del uso eficiente de los recursos disponibles, y el establecimiento de estrategias de ahorro energético y sustentabilidad.

Existe un esfuerzo a nivel mundial para el desarrollo de las Ciudades Inteligentes; en 2016 se estima que hubo una inversión de \$80 billones de dólares y se espera que esta inversión alcance los \$135 billones para el 2021, de acuerdo reportes de International Data Corporation (IDC).

Las ciudades están sufriendo una transformación digital que posibilita una mejora en el medio ambiente (controles de tráfico, menos tiempo de traslado, posibilidad de hacer trabajo y operaciones de manera remota sin necesidad de trasladarse, monitoreo de sistemas de iluminación, medición consumo de agua, etc.), en las actividades financieras (banca en línea, pagos, cobros, pagos de servicios, etc.), y muchos otros aspectos sociales como educación, seguridad, trabajo y entretenimiento.

Es vital conocer los factores de desarrollo que posibiliten una evolución de las ciudades actuales hacia escenarios como los anteriormente descritos. Comprender e identificar los factores de desarrollo que faciliten esta transición representan un factor clave en este sentido.

Una Ciudad Inteligente esta compuesta por una red de sensores, que conectados a Internet por medio de una gran gama de protocolos de comunicación inalámbrica, permite obtener información sobre la operación y el estado de la infraestructura de la ciudad, transporte, hábitos de consumo de la población, consumo de bienes, movilidad, etc. El uso, procesamiento y análisis de esta información permitirá eficientar el uso de los recursos con los que cuenta la ciudad, a través del desarrollo de un modelos sustentables.

Existen muchas definiciones y aproximaciones hacia lo que una Ciudad Inteligente representa; en este documento tomaremos la que proporciona Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU):

Una Ciudad Inteligente sustentable es una ciudad innovadora que hace uso las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC), y otros medios para mejorar la calidad de vida, eficiencia en la operación urbana y en los servicios, competitividad, asegurando las necesidades de la generación presente y futuras referente a aspectos económicos, sociales y ambientales.

Son varias las perspectivas desde la que se puede llevar a cabo el análisis del desarrollo de una Ciudad Inteligente; en este documento se pretende llevar a cabo un análisis de las tecnologías que definen y permiten el desarrollo de una Ciudad Inteligente; el nivel de penetración y uso de determinadas tecnologías, representan un indicador del nivel de desarrollo que hacia una Ciudad Inteligente determinada sociedad presenta.

II. Ecosistema de una Ciudad Inteligente.

El ecosistema de una Ciudad Inteligente es una compleja interacción de tecnologías de acceso inalámbrico, sensores, protocolos de interconexión, redes, inteligencia artificial, big data, etc. Todas estas tecnologías tienden hacia un punto de convergencia que es la integración de soluciones a un usuario final, y que responda a las necesidades que la ciudad plantea.

Así mismo, es importante considerar también aspectos humanos e institucionales en el desarrollo de las Ciudades Inteligentes. De poco servirá contar con una gran infraestructura tecnológica si la población no cuenta con las habilidades y conocimiento para el manejo y aprovechamiento de esta. Una estructura administrativa (gobiernos municipales, estatales o federales) cuyos lineamientos, reglamentos y normas no estén alineados con el uso de la tecnología para los fines mencionados podría representar un obstáculo casi insalvable.

Una Ciudad Inteligente genera y hace uso de una gran cantidad de datos, que junto con la aplicación de tecnología digital y de telecomunicaciones, permiten mejorar la calidad de vida de los ciudadanos; el acceso a datos en tiempo real, permiten conocer, evaluar, comprender y desarrollar modelos predictivos de los patrones de demanda y comportamiento, permitiendo con esto la implementación de soluciones más eficientes, en un menor tiempo y a menor costo. Esto es lo que se define como tecnologías inteligentes; estas permiten reducir los costos en la obtención de información y datos, y por medio de la aplicación de modelos de predicción, los gobiernos, empresas, empleadores y ciudadanos pueden encontrar nuevas maneras de optimizar la operación de los sistemas tradicionales. Esta evolución aplica para todas las áreas y actividades que se desarrollan dentro de una sociedad.

En [12], se presenta un análisis de la estructura de una Ciudad Inteligente dividida en tres capas. Figura 1. La primera de ellas representa la base tecnológica, la cual esta formada por una masiva red de teléfonos inteligentes y sensores interconectados por medio de redes de alta velocidad a lo largo y ancho de toda la ciudad; esto permite la obtención de una gran cantidad de información en tiempo real. Además, todos estos datos son colocados en plataformas abiertas donde pueden ser consultados, analizados y usados por cualquier ciudadano, empresa o el gobierno mismo. Una segunda capa la integran las aplicaciones (apps) y servicios digitales que pueden ser desarrollados mediante el análisis y procesamiento de la información recabada; estas apps y servicios digitales permiten la habilitación de alertas, mensajes, recomendaciones, al mismo tiempo de potenciar la obtención de información sobre muy diversas áreas (tránsito, niveles de contaminación, consumo energético, etc.); del mismo modo, los servicios digitales (por ejemplo trámites gubernamentales, e-commerce, telesalud, educación a distancia, etc.), pueden ser detonadores en la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos. La tercera capa esta relacionada con el nivel de uso, o nivel de alfabetización digital que la población presenta. En este nivel el conocimiento y familiarización con la tecnología son fundamentales; muchas de las aplicaciones desarrolladas hoy en día basan su éxito en un uso masivo, ya que a medida que más datos se puedan generar, mejor caracterización puede lograrse y por lo tanto más acertada será la potencial decisión que se pudiera tomar.

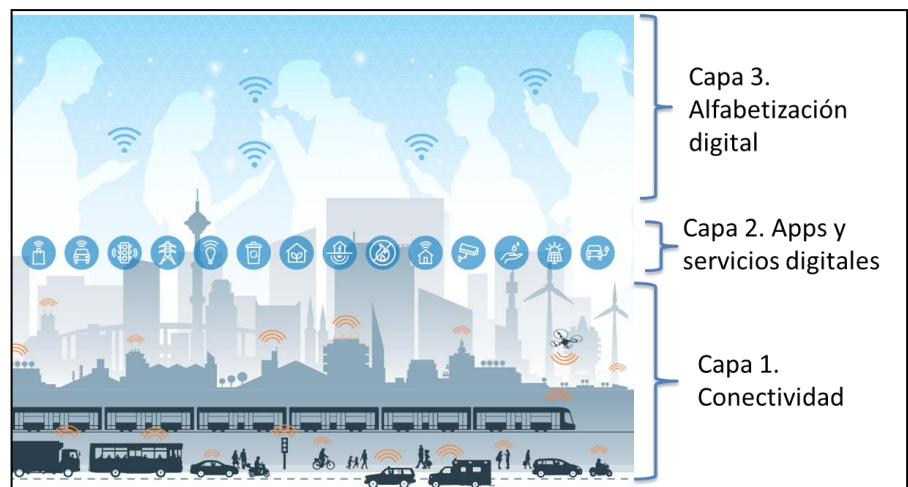


Figura 1. Modelo de 3 capas para una Ciudad Inteligente [Tomado de [12]].

En lo referente a las capas 2 y 3 del modelo presentado, es en estas donde se presentan las tecnologías con base a las cuales opera una Ciudad Inteligente. De manera general, la interacción de las diferentes tecnologías que convergen en la operación de una Ciudad Inteligente se muestra en la Figura 2. La conectividad se presenta como un elemento fundamental dentro de la estructura de una Ciudad Inteligente; tecnologías como IoT (estándares que operan tanto en bandas con licencia o en bandas libres como SigFox o LoRaWAN), LPWA, WiFi, 2/3/4G, etc., permitirán que los elementos que integran la Ciudad puedan ser monitoreados. Esta red de sensores integrada e interconectada permitirá la recolección de una gran cantidad de datos; estos se almacenarán y colocarán en bases de datos abiertas en la nube; estas bases de datos potenciarán que empresas, gobierno y emprendedores (start-ups) puedan hacer uso de ellas. Al tener acceso a esta información, y haciendo uso de algoritmos como Inteligencia Artificial, Machine Learning, Deep Learning, etc., es viable el desarrollo de servicios y aplicaciones que promoverán la innovación tecnológica, el desarrollo de nuevos modelos de negocio, mejoras en los procesos actuales, eficiencia en el manejo de los recursos, etc.; el objetivo es el de implementar procesos más eficientes y a un menor costo. El desarrollo de modelos de negocio en la modalidad *as a Service*, permitirá una reducción de gastos en las empresas; las modalidades de *Plataforma como Servicio* (PaaS), *Infraestructura como Servicio* (IaaS) y *Software como Servicio* (SaaS), permitirá tener acceso a recursos tecnológicos a menor costo y en un menor tiempo. Por ejemplo, una empresa que necesite adquirir una determinada capacidad de almacenamiento y procesamiento para su información ya no tendrá que invertir en la compra e instalación de toda esta infraestructura (servidores, terminales, unidades de almacenamiento, software especializado, etc.); ahora puede tener todos estos servicios (*as a Service*, *aaS*) desde la nube. Así mismo, a los gobiernos les permitirá la implementación de mejores prácticas en la gestión y asignación de recursos, eficientando el uso y distribución de bienes como la energía eléctrica, el agua, el manejo de desechos o estrategias de mejora para el combate prevención de la delincuencia. Así mismo, esta información facilitaría la detección de necesidades futuras, así como zonas prioritarias para su atención.

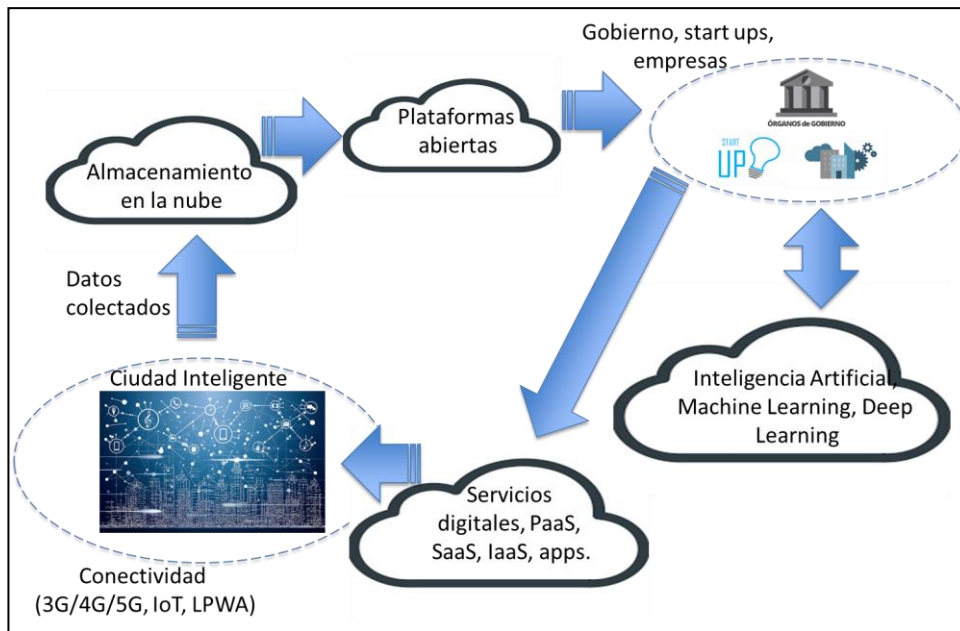


Figura 2. Tecnologías involucradas en la operación de una Ciudad Inteligente.

III. Modelos e Indicadores.

Son varios los modelos que se mencionan en la bibliografía; en estos la mecánica de su integración es común: se identifican grandes áreas o dimensiones a analizar, y dentro de estas dimensiones se definen indicadores que pueden ser cuantificados, para de este modo tener una medición del nivel de desarrollo que una determinada ciudad presenta. Como ya se ha mencionado, el objetivo de una Ciudad Inteligente es que estos indicadores potencien su desarrollo mediante la aplicación y uso de la innovación tecnológica. De manera implícita, los indicadores de estos modelos señalan las dimensiones donde se presenta una mayor oportunidad de desarrollo, permitiendo con ello a las ciudades enfocar sus acciones y estrategias. En términos generales, los modelos coinciden en el tipo de dimensiones a evaluar en cada uno de ellos. Algunos de los modelos más frecuentemente mencionados son: Smart Cities Maturity Model, que define 5 dimensiones [14], Modelo de Boyd-Cohen, que hace uso de 6 Indicadores [15], el Modelo ISO 37120 con 17 indicadores [16] y el CIMI (Cities In Motion) que cuenta con 9 dimensiones [11].

Indicadores.

Debido a que las definiciones de lo que una Ciudad Inteligente representa engloba muchos más aspectos que los meramente tecnológicos, el análisis debe abordarse como un complejo ecosistema integrado por muchas partidas que pudieran verse diferentes entre sí, pero integradas en un fin común; estas partidas están integradas por grupos de ciudadanos, gobierno locales y federales, industria de todas las áreas, empresas tecnológicas, operadores, universidades, etc. Con los modelos mencionados se han llevado a cabo análisis del nivel de desarrollo de una Ciudad Inteligente por medio de la identificación y valoración de las áreas o dimensiones que los definen, y dentro de estas dimensiones, cuantificando indicadores más específicos. La identificación de Indicadores Tecnológicos que una Ciudad Inteligente presenta permitirá en una primera instancia conocer el potencial impacto de estas tecnologías en cada una de las áreas en la se enfoca el análisis de evaluación, así como señalar aquellas donde existen necesidades para su desarrollo. En una Ciudad Inteligente se pretende que todas las dimensiones e indicadores que la integran se vean impactadas de manera favorable, directa o indirectamente, por la innovación tecnológica.

El modelo general al que se hace referencia en este estudio es el Índice *IESE Cities in Motion (ICIM)* [11], desarrollado por la Escuela de Negocios de la Universidad de Navarra. En su reporte del 2019, este Índice presenta una clasificación para 174 ciudades, basado en 9 dimensiones: Capital Humano, Cohesión Social, Económica, Gobernanza, Medio Ambiente, Movilidad y Transporte, Planeación Urbana, Proyección Internacional y Tecnológica. Cada una de estas dimensiones esta conformada por una serie de indicadores, que permiten llevar a cabo un análisis cuantitativo de las dimensiones anteriormente referidas. Los indicadores de cada una de estas dimensiones son detallados en el Anexo I.

No obstante que el índice ICIM tiene publicados datos desde el 2014, el índice como tal ha ido evolucionando, enriqueciendo las dimensiones con la incorporación de nuevos indicadores o modificando alguna dimensión para evitar traslapes con alguna otra; el dinamismo de este modelo es una de sus principales virtudes. No obstante estas variaciones, que podría dificultar análisis comparativos anuales, conocer la posición de las ciudades año con año representa un indicativo del desarrollo de una ciudad con respecto al resto. En el Cuadro 1 se muestran las ciudades que ocuparon las primeras 10 posiciones a nivel mundial dentro de este ranking para el período del 2015 al 2018.

Un análisis más detallado del ranking de las 10 ciudades mejor posicionadas en el 2018 se muestra en el Cuadro 2, donde se detalla la posición global que cada ciudad presenta para cada una de las 9 dimensiones.

ICIM	Años			
	2015	2016	2017	2018
1	Nueva York	Nueva York	Nueva York	Londres
2	Londres	Londres	Londres	Nueva York
3	París	París	París	Ámsterdam
4	San Francisco	Boston	Tokio	París
5	Boston	San Francisco	Reykjavik	Reikiavik
6	Amsterdam	Washington	Singapore	Tokio
7	Chicago	Seul	Seul	Singapur
8	Seul	Tokyo	Toronto	Copenhague
9	Genova	Berlin	Hong Kong	Berlín
10	Sydney	Amsterdam	Amsterdam	Viena

Cuadro 1. Top 10 de las ciudades de acuerdo al ICIM del 2015 al 2018. (Elaboración propia con información de [11])

Analizando con mayor detalle los datos mostrados en la misma Tabla, y tratando de identificar algún patrón común que defina a estas ciudades, se resaltan las 4 dimensiones donde estas ciudades están mejor posicionadas; de acuerdo a esto, encontramos que las dimensiones Capital Humano (5 ciudades), Proyección Internacional (6 ciudades), Tecnológica (6 ciudades) y Movilidad y Transporte (6 ciudades) y Capital Humano (5 Ciudades) son comunes por lo menos para 5 de las 10 ciudades listadas.

ICIM	CIUDAD	ECONOMÍA	CAPITAL HUMANO	COHESIÓN SOCIAL	MEDIO AMBIENTE	GOBERNANZA	PLANIFICACION URBANA	PROYECCIÓN INTERNACIONAL	TECNOLOGÍA	MOVILIDAD Y TRANSPORTE
1	Londres	12	1	45	34	7	9	1	8	3
2	Nueva York	1	3	137	78	26	2	8	11	5
3	Ámsterdam	10	36	38	28	27	11	2	7	11
4	París	8	6	86	54	37	50	3	15	4
5	Reikiavik	90	53	18	1	19	108	22	4	46
6	Tokio	3	9	49	6	71	24	35	20	29
7	Singapur	21	44	47	10	20	31	4	1	67
8	Copenhague	25	28	11	3	12	75	16	10	25
9	Berlín	50	5	39	47	6	40	5	32	6
10	Viena	57	23	31	15	25	45	7	13	7

Cuadro 2. Indicadores del Top 10 de las ciudades de acuerdo al ICIM. 2018. (Tomado de [11])

Promediando el valor de la posición para cada dimensión para estas ciudades, se obtuvo que la dimensión de Proyección Internacional obtuvo la mejor puntuación, con un valor promedio de 12.1, seguido de la dimensión Tecnológica con 12.2; en tercer lugar se tiene, más o menos en el mismo nivel, a las dimensiones de Capital Humano y Movilidad, con valores de 20.8 y 20.3 respectivamente. Este análisis comparativo puede proporcionar un potencial indicador de la relevancia e importancia entre todas las dimensiones para las ciudades que en esta clasificación son líderes; sin embargo, se debe recordar que las características, recursos y necesidades de cada ciudad definen las prioridades respecto a las dimensiones donde desarrollarse. Una particularidad que presenta este primer análisis es que la dimensión de Cohesión Social presenta el nivel promedio más bajo de todas las dimensiones que integran el modelo.

En el Cuadro 3 se muestran los países de Latinoamérica que ocupan las primeras 11 posiciones del 2015 al 2018. En esta, se indica la posición que tiene la ciudad solo considerando la región (ICIM LATAM); así mismo dentro del paréntesis, para cada ciudad se indica su posición global. Para el 2018, la posición promedio para estas 11 ciudades de Latinoamérica mejor clasificadas es de 111.15; las posiciones promedio para las 11 ciudades mejor posicionadas fue de 105.5, 100.7 y 107.5, para los años 2015, 2016 y 2017 respectivamente. Podemos ver también, que a lo largo del período reportado, solo 5 ciudades (Santiago, Buenos Aires, México, Bogotá y Montevideo) se mantuvieron dentro de este grupo, aunque solo 3 de ellas mantuvieron un comportamiento ascendente constante en su clasificación global a lo largo de este período (Santiago, Buenos Aires y Montevideo).

ICIM (LATAM)	2015	2016	2017	2018
1	Santiago, Chile (80)	Buenos Aires, Arg (83)	Buenos Aires, Arg (76)	Santiago, Chile (66)
2	Buenos Aires, Arg (85)	Santiago, Chile (85)	Santiago, Chile (86)	Buenos Aires, Arg (77)
3	Medellín, Col (99)	México, Mex (87)	Panamá, Pan (94)	Montevideo, Uru (92)
4	México, Mex (100)	Medellín, Col (96)	Montevideo, Uru (100)	San José, CR (112)
5	Monterrey, Mex (102)	Montevideo, Uru (99)	San José, CR (102)	Panamá, Pan (114)
6	Córdoba, Arg (106)	Sao Paulo, Bra (101)	México, Mex (107)	Bogotá, Col (117)
7	Bogota, Col (111)	Córdoba, Arg (107)	Sao Paulo, Bra (116)	Rosario, Arg (125)
8	Guadalajara, Mex (116)	Monterrey, Mex (111)	Bogotá, Col (117)	Río de Janeiro, Bra (128)
9	Porto Alegre, Bra (118)	San José, CR (112)	Río de Janeiro, Bra (126)	Brasilia, Bra (130)
10	Montevideo, Uru (121)	Bogotá (113)	Medellín, Col (129)	Sao Paulo, Bra (132)
11	Lima, Perú (122)	Río de Janeiro, Bra (114)	Rosario, Arg (130)	México, Mex (133)

Cuadro 3. Ranking ICIM para las ciudades de Latinoamérica . (Elaboración propia con datos de [11])

En la Tabla 4, se muestra el detalle de los indicadores para cada una de las dimensiones en el 2018 para las ciudades que aparecen en la clasificación; tratando de identificar la existencia de algún patrón común, se procede a resaltar las 4 dimensiones en las que cada ciudad está mejor posicionada. De las dimensiones mejor calificadas para cada ciudad, se encontró que de las 26 ciudades, el 88.4 % (23 ciudades) de ellas incluyen a la dimensión de Medio Ambiente, el 61.5% (16 ciudades) coinciden en la Planificación Urbana, y el 53.8% (12 ciudades) en Gobernanza y Proyección Internacional. Así mismo, las dimensiones que en promedio presentan mejor posición para las ciudades de LATAM enlistadas es Medio Ambiente con 78.6, Proyección Internacional con 118.3, Planeación Urbana con 104.4 y Gobernanza con 120.76.

En promedio, la posición de las ciudades catalogadas esta un poco por debajo de la posición 128; si se tomará el Top 10 de las ciudades de LATAM la posición promedio estaría rondando la posición 105.

ICIM	CIUDAD	ECONOMÍA	CAPITAL HUMANO	COHESIÓN SOCIAL	MEDIOAMBIENTE	GOBERNANZA	PLANIFICACION URBANA	PROYECCION INTERNACIONAL	TECNOLOGÍA	MOVILIDAD Y TRANSPORTE
1	Santiago- Chile	63	93	111	30	87	28	57	100	56
2	Buenos Aires- Argentina	132	66	113	29	30	19	29	110	133
3	Montevideo- Uruguay	106	131	106	4	69	84	110	65	118
4	San José- Costa Rica	97	158	112	13	61	146	100	105	138
5	Panamá- Panamá	119	146	110	42	147	99	81	50	125
6	Bogotá, Col	124	106	159	89	34	112	76	125	148
7	Rosario- Argentina	171	118	51	87	103	32	138	144	142
8	Río de Janeiro, Brasil	149	114	168	110	95	38	72	129	154
9	Brasilia- Brasil	144	151	151	85	106	106	118	139	88
10	Sao Paulo- Brasil	138	129	167	102	123	39	70	123	168
11	Ciudad de México- México	131	60	141	168	111	35	71	135	116
12	Medellín Colombia	140	132	143	114	113	87	155	143	107
13	Córdoba- Argentina	170	120	93	74	119	123	148	151	146
14	Quito- Ecuador	139	130	130	82	169	122	116	157	143
15	Lima- Perú	101	122	139	140	115	142	136	147	152
16	Santo Domingo- República Dominicana	134	166	149	44	137	120	133	159	158
17	Curitiba- Brasil	153	149	145	71	138	128	152	145	124
18	Asunción- Paraguay	168	119	94	9	160	159	162	165	137
19	La Paz- Bolivia	152	155	131	68	142	144	120	169	156
20	Salvador- Brasil	157	135	162	103	148	110	139	161	144
21	Santa Cruz- Bolivia	148	147	135	17	167	167	140	168	157
22	Cali- Colombia	143	140	114	118	146	155	170	155	151
23	Belo Horizonte- Brasil	156	141	154	116	154	127	160	148	159
24	Guayaquil- Ecuador	142	153	107	111	173	152	156	162	150
25	Guatemala	141	164	144	126	134	163	144	166	165
26	Caracas- Venezuela	174	104	174	94	159	79	124	164	130

Tabla No. 4 Ranking ICIM para las ciudades de Latinoamérica . (Elaboración propia con datos de [11])

Si se considera solo a las 11 ciudades mejor posicionadas de LATAM, Tabla 5, las dimensiones mejor calificadas coinciden con las de total, pero lógicamente con una mejor posición: 69 para Medio Ambiente, 87.8 para Gobernanza, Planeación Urbana con una posición promedio de 67.1 y Proyección Internacional con 83.8. Refiriéndose nuevamente al Top 11 para las ciudades de LATAM, por lo menos 6 de estas ciudades coinciden en tener entre sus 4 dimensiones mejor calificadas a Medio Ambiente (9 ciudades), Gobernanza (9 ciudades), Planeación Urbana (9 ciudades), y Proyección Internacional (7 ciudades).

RANKING	CIUDAD	ECONOMÍA	CAPITAL HUMANO	COHESIÓN SOCIAL	MEDIOAMBIENTE	GOBERNANZA	PLANIFICACION URBANA	PROYECCION INTERNACIONAL	TECNOLOGÍA	MOVILIDAD Y TRANSPORTE
1	Santiago- Chile	63	93	111	30	87	28	57	100	56
2	Buenos Aires- Argentina	132	66	113	29	30	19	29	110	133
3	Montevideo- Uruguay	106	131	106	4	69	84	110	65	118
4	San José- Costa Rica	97	158	112	13	61	146	100	105	138
5	Panamá- Panamá	119	146	110	42	147	99	81	50	125
6	Bogotá, Col	124	106	159	89	34	112	76	125	148
7	Rosario- Argentina	171	118	51	87	103	32	138	144	142
8	Río de Janeiro, Brasil	149	114	168	110	95	38	72	129	154
9	Brasilia- Brasil	144	151	151	85	106	106	118	139	88
10	Sao Paulo- Brasil	138	129	167	102	123	39	70	123	168
11	Ciudad de México- México	131	60	141	168	111	35	71	135	116

Tabla No. 5 Ranking ICIM para las ciudades de Latinoamérica mejor posicionadas . (Elaboración propia con datos de [11])

El índice ICIM permite evaluar el impacto de la operación de una Ciudad Inteligente sobre cada una de las dimensiones citadas. Una Ciudad Inteligente madura, que ha consolidado su operación y la ejecución de su ruta crítica, tendrá un mayor impacto sobre cada uno de los indicadores que integran a cada dimensión, comparado con una Ciudad Inteligente que se encuentre en sus primeras fases de desarrollo. Estas fases de desarrollo no están explícitamente indicadas en dicho índice; de cara a identificar las áreas de oportunidad de mejora de aquellas Ciudades Inteligentes en desarrollo, es vital conocer cuáles son estas fases de desarrollo y el estatus que guarda la Ciudad respecto a dichas fases.

Como ya se mencionó, la configuración y operación de una Ciudad Inteligente tiene como fundamento la innovación tecnológica; es la aplicación y aprovechamiento de esta tecnología en diferentes áreas lo que permite el desarrollo de las dimensiones que conforman a una Ciudad Inteligente. Sin embargo, es oportuno mencionar que la aplicación de la innovación tecnológica no es directa o pareciera no estar muy clara para algunos indicadores. Por citar algunos ejemplos, una mejora en el indicador del PIB per cápita, perteneciente a la Dimensión Económica, pareciera no tener una relación directa con el uso de determinada tecnología, sin embargo se esperaría que con el aprovechamiento de la innovación tecnológica en todas las actividades de la ciudad, este indicador se vea afectado favorablemente; hay indicadores en los que el efecto puede ser un poco más directo que el ejemplo anterior, como es el caso del índice de polución, en el cual se podría presentar una mejora en la medida en que la tecnología sea aplicada al transporte y enfocada a hacer más eficientes los procesos productivos. Un indicador en el que el efecto del uso de la tecnología es directo sería en el Número de Personas con acceso a Internet. Este

análisis le permitiría a una Ciudad Inteligente en desarrollo establecer puntos de medición y control que le permitan evaluar el nivel de éxito de la aplicación de determinada tecnología.

De este modo, desde un punto de vista tecnológico el nivel de desarrollo de una Ciudad Inteligente se puede abordar definiendo algunos indicadores tecnológicos; en este estudio se proponen 4: Conectividad, Computación en la nube (*cloud computing*), Procesamiento avanzado de datos (*Big Data*, Inteligencia Artificial, *Deep Learning*, etc.) y Seguridad de la información.

En la Tabla No. 1 se muestra una estimación del posible impacto que cada uno de los indicadores tecnológicos mencionados tendría en cada una de las 9 dimensiones definidas en el modelo. Este tendrá un impacto directo (+++) cuando la totalidad del indicador puede digitalizarse e implementarse de acuerdo al modelo mostrado en la Fig. No.3; se considerará un impacto medio (++) si la mejora en el indicador depende, además del uso de la tecnología, de otros factores que pueden estar relacionados con políticas de gestión de la ciudad, prioridades de la misma, objetivos, etc. Para el caso de que el efecto en el indicador sea secundario o en un tercer nivel se considerará como de bajo impacto (+). Esta aproximación permitirá establecer una relación directa entre el desarrollo de las dimensiones y el aspecto tecnológico que más impacto tiene sobre cada de una de estas.

Dimensiones	Conectividad	Plataformas Abiertas	Big Data, Inteligencia Artificial	Servicios Digitales, Apps, aaS	Seguridad de la información
Capital Humano	+	+	+	++	+
Cohesión Social	++	++	++	++	+
Económica	++	+++	+++	+++	+++
Gobernanza	++	+++	++	+++	+++
Medio Ambiente	++	+++	++	++	+
Movilidad y transporte	+++	+++	+++	+++	++
Planeación Urbana	+	+	++	++	+
Proyección Internacional	+	+	+	++	++
Tecnológica	+++	+++	++	+++	++

+ impacto bajo, ++ impacto medio, +++ alto impacto

Tabla 5 Impacto de la implementación de algunas tecnologías en las dimensiones descritas.

IV. Desarrollo hacia una Ciudad Inteligente.

No obstante que no existe un camino o ruta crítica general para el desarrollo de una Ciudad Inteligente en particular, existen algunas recomendaciones y factores a considerar para lograrlo; sin embargo, es sumamente importante enfatizar que cada ciudad deberá diseñar e integrar su propia hoja de ruta, con base a sus necesidades y recursos que la misma ciudad ofrece.

Se ha mencionado en muchos foros y publicaciones que el valor en los nuevos modelos de negocio para las TICs radica en la información, en el análisis y procesamiento que se haga de los datos que se colectan o a los que se tiene acceso. En el caso de una Ciudad Inteligente esto no es diferente; la función primordial de una Ciudad Inteligente será la de desarrollar la capacidad de aprovechar el valor de la información que maneja, para transformarla en bienestar para los ciudadanos, por medio de modelos de optimización y sustentabilidad haciendo uso de la innovación tecnológica. Por lo anterior, es importante identificar el flujo de estos datos dentro de la dinámica de operación de una Ciudad Inteligente. El ciclo que siguen los datos en la operación del ecosistema de una Ciudad Inteligente puede aproximarse como se indica en la Figura 3. Partiendo de la generación de datos (redes de sensores, smartphones, gps, etc), estos datos podrán ser enviados, por medio de redes inalámbricas principalmente, y almacenados haciendo uso de tecnologías en la nube. Para organizar, clasificar y acceder a esta información es necesario hacer uso de técnicas para el manejo de datos masivos (haciendo uso de estrategias *data driven*, *data centric*). El valor de esta información colectada y almacenada radica precisamente en su uso para la

elaboración de modelos que permitan caracterizar hábitos de uso y consumo de bienes y servicios, desarrollando esquemas de optimización, monitoreo y alertas, así como también modelos predictivos; el uso de algoritmos de Inteligencia Artificial, entre otras muchas opciones (*Machine Learning, Deep Learning, etc.*) son herramientas clave en este proceso. Una vez que los servicios digitales y aplicaciones desarrolladas llegan al usuario final, se espera que esto se traduzca en una mayor eficiencia en los tiempos de ejecución, en la detección de necesidades, en la gestión de recursos, en la administración del tiempo, en la eficiencia en el trabajo, etc. Toda esta nueva *comunidad digital* que hace uso de estos servicios y digitales, se convierte a su vez en generadora de datos, y el ciclo se repite nuevamente.

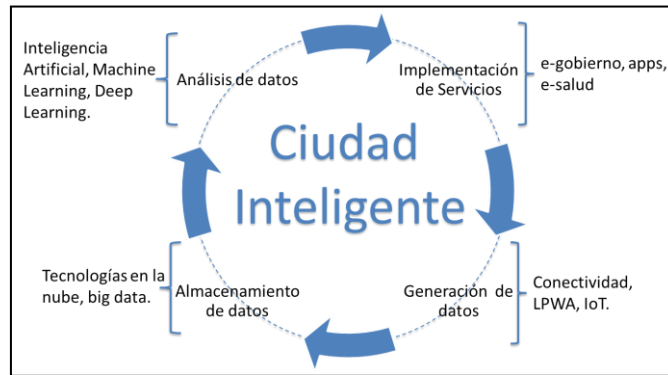


Figura No. 3 Ciclo de la información (datos) en una Ciudad Inteligente.

Para que los indicadores que integran cada una de las dimensiones de los modelos existentes, se incorporen a la inercia del desarrollo de una Ciudad Inteligente, es necesario que éstos se digitalicen. Esta digitalización consistirá en incorporar el flujo de los datos del indicador al modelo descrito previamente. Para algunos de los indicadores este proceso de digitalización puede ser mucho más directo que otros. Por ejemplo, supongamos que una ciudad desea llevar a cabo un plan que le permita mejorar su indicador de Índice de Tráfico, que considera variables como tiempos de traslados, consumo de CO₂ o nivel de satisfacción de parte de usuario de transporte (público y privado). Una aproximación a la digitalización del indicador puede ser un esquema que permita medir los tiempos de traslado y hacer uso de esta información para lograr una mejora en el nivel del indicador mismo. Volviendo al esquema anterior, en la Figura No. 4, se esquematiza este proceso.

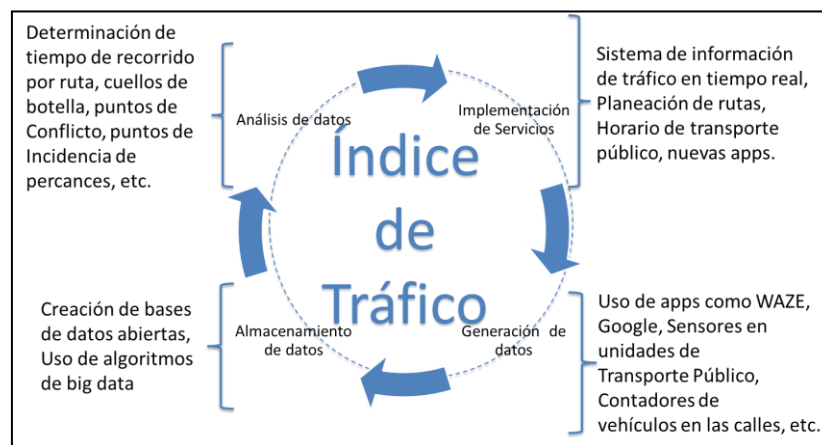


Figura 4. Ciclo de la información para digitalizar el proceso de tiempo de recorrido vehicular.

Si bien no existe una ruta crítica a seguir para el desarrollo de una Ciudad Inteligente, debido a que cada ciudad debe definir su estrategia particular con base a sus propias circunstancias, recursos, necesidades, etc., es posible identificar algunos elemento comunes en el programa de desarrollo de un Ciudad Inteligente que comparten las ciudades líderes [13]. Entre estas se encuentran:

- **Liderazgo.** Se requiere un mando con la autoridad y capacidad de elaborar y ejecutar una estrategia sustentable y coherente. Se debe establecer una visión y rutas críticas, integrando grupos de trabajo especializado que permitan aplicar la innovación tecnológica para atender las prioridades de la ciudad.
- **Prioridades.** Es vital el establecimiento de necesidades y objetivos específicos de la ciudad, de manera que la visión de desarrollo vaya alineada con estas. Esto hace que cada ciudad debe construir un modelo de desarrollo único. Se debe establecer un inventario de capacidades y recursos, al mismo tiempo que los objetivos planteados se alinean con el desarrollo económico.
- **Inclusión de la ciudadanía.** Se debe tener una visión que permita trabajar de las comunidades locales en todos los aspectos, desde el diseño de la estrategia, el despliegue y recolección de datos. Es necesario una alfabetización digital profunda, para que la población sea co-participe de las iniciativas. La implementación de pruebas piloto es una práctica recomendable como estrategia de inmersión a la tecnología, alfabetización digital y una buena estrategia para analizar resultados.
- **Integración.** El equipo de trabajo debe estar formado por agencias del sector público, el sector privado y la academia, integrando una red de socios que permitirá tener una visión holística de objetivos. Se deben integrar proyectos con participación público-privada, así como estrechar la colaboración con Universidades y Centro de Investigación y Desarrollo.
- **Enfoque.** El programa se debe centrar en el uso de los datos para el desarrollo de políticas y la creación de nuevos servicios. El uso de bases de datos abiertas es fundamental para promover el desarrollo de la innovación tecnológica en los servicios, contruyendo plataformas para desarrollo de proyectos con IoT, profundizando en el uso de estrategias de análisis de datos, como Inteligencia Artificial, entre otras.

De acuerdo con el Banco Mundial [14], es posible establecer algunos principios básicos para evolucionar de un modelo de gestión de Ciudad Tradicional a un modelo de Ciudades Inteligentes;

Principios:

1. Contar con el **liderazgo** del Alcade de la ciudad o autoridad correspondiente, de modo se pueda coordinar el apoyo de todas las areas del gobierno, así como contar con la capacidad de convocar a empresas públicas y privadas, incluyendo Universidades y/o Centro de Investigación.
2. Capacida de **ejecución**. Contar con un núcleo de profesionales y expertos, considerando que el proyecto es multisectorial y de alta innovación tecnológica.
3. La **participación** de la administración pública y de la ciudadanía es fundamental.

Así mismo, la misma entidad propone una ruta a seguir para evolucionar hacia una Ciudad Inteligente; este modelo se presenta en la Figura 5. Este proceso integra de cierta manera todos lo elementos y recomendaciones que se han expuesto a lo largo de la presente sección, con la cualidad de que tiene un enfoque más pragmático.



Figura 5. Ruta crítica para evolucionar hacia una Ciudad Inteligente. (Tomado de [14]).

V. Ciudades Inteligentes en México.

De las ciudades mencionadas en la clasificación para el 2018, para México solo incluyen a la Cd de México; en años anteriores también apareció en esta clasificación ciudades como Monterrey y Guadalajara, pero desde hace un par de años estas ya no figuran en la lista. Sin embargo, en México estas no son las únicas ciudades que están trabajando en la dirección de convertirse en una Ciudad Inteligente. Son muchos los proyectos en la línea de operar como una Ciudad Inteligente los que se están llevando a cabo en todo el país. Sin embargo, pareciera que es la falta de algunos de los elementos indicados en la ruta crítica la que ha impedido que estos proyectos alcancen mayores niveles de desarrollo. La Consultora Deloitte [15], recomienda que un elemento que pudiera ser vital para el impulso del desarrollo de un modelo de desarrollo de Ciudades Inteligentes sería contar con una “Estrategía Nacional de Ciudades Inteligentes”, donde se pudieran ofertar asesorías, colaboración con empresas y Universidades, esquemas de financiamiento, seguimiento a pruebas piloto, vinculación con administraciones de otras ciudades que han tenido éxito en el desarrollo de determinadas aplicaciones, etc.; además, esta hipotética estrategia nacional permitiría tener una alineación de los objetivos nacionales con los de cada ciudad en particular.

Existen grandes áreas de oportunidad como País, que pudieran ser atacadas desde cada ciudad en desarrollo; de acuerdo con [15], algunas de las problemáticas son:

1. Transporte Público. El 43 % de la población no esta satisfecho con la oferta de servicio público.
2. Servicios de Salud. El 57% de la población considera a los servicios de salud como “malos” o “muy malos”.

3. Economía. 74% de los mexicanos consideran que sus ingresos no son suficientes para satisfacer sus necesidades básicas.
4. Oferta Educativa. El 67% de los ciudadanos considera que la situación en México no permite otorgar a sus hijos una educación de calidad.
5. Agua. Los sistemas en México suelen tener aproximadamente un 40% de fugas.
6. Violencia. Los índices delictivos ha ido en aumento en los últimos años.

Con base a lo anteriormente descrito, se presenta un análisis general de algunos de los proyectos que se realizan en México, y que se pretende lleguen a consolidarse como Ciudades Inteligentes. Este análisis se engloba en el marco de las dimensiones y características mencionadas en el presente documento, con el objetivo de identificar aquellas áreas donde pudiera haber áreas de oportunidad. En el caso de la Cd. de México, Monterrey y Guadalajara, son las únicas que han aparecido en el ranking IESE, abordado en este documento; en el último reporte del mencionado índice, tanto Monterrey como Guadalajara desaparecieron del mismo. Algunas otras ciudades han emprendido esfuerzos encaminados a desarrollarse como Ciudad Inteligente, como el es caso de Ciudad Maderas, situada en el Municipio de el Marqués, en el estado de Querétaro; una de las principales ventajas que presenta el proyecto de Maderas es que el proyecto nace con el objetivo de ser una Ciudad Inteligente. Es temprano para llevar a cabo una evaluación con base a los objetivos que una Ciudad Inteligente se plantea, sin embargo con base al modelo de desarrollo del Banco Interamericano de Desarrollo, es viable hacer algunas consideraciones. En Puebla ha habido un esfuerzo desde hace algunos años para la fomentar la evolución hacia lo que se ha denominado Barrio Smart; es en la Ciudad de Atlixco donde varios proyectos relacionados con la integración de una Ciudad Inteligente se han desarrollado; al igual que en el caso de Maderas, este es un proyecto en desarrollo, sin embargo se puede identificar que una de las áreas de oportunidad más importantes está en la participación de la ciudadanía, tanto en la generación de datos, como participación en la toma de decisiones; otro factor importante a considerar es que en su sitio web no es viable acceder a la información recabada, con el objetivo de potenciar el desarrollo de nuevas aplicaciones y la gestación de startups. En el caso de la Ciudad de Querétaro, existen varios proyectos de uso y aplicación de las TICs para el beneficio de la población; sin embargo, podemos decir que para que el proyecto pueda seguir en la vía de desarrollo hacia una inteligente es importante que se proyecte un plan a largo plazo, con independencia de la alternancia en la administración, así como considerar algunas de las observaciones ya hechas para las ciudades analizadas, como bases de datos abiertas y una mayor participación ciudadana.

Existen varios proyectos más como los desarrollados en el estado de Jalisco (Tequila y Ciudad Creativa, donde factores de cambios en la administración del Gobierno y ausencia de liderazgo generan demora en los proyectos) así como planes a futuro para desarrollarse como Ciudades Inteligente (Saltillo, Mérida, etc), y muchas más que pudieran presentar un enorme potencial para desarrollarse como tal.

Considerando lo anterior y tomando información que los mismos proyectos ponen disponible en su sitio web, se plantea un primer análisis del nivel de cumplimiento de las características que el desarrollo de una Ciudad Inteligente debería de cumplir [13]; se hace una escala del 1 al 5, donde el 5 representa la nota máxima. Cuadro 6.

	Liderazgo	Prioridades	Inclusión de la Ciudadanía	Integración	Enfoque
Cd Mx	3	4	1	2	2
Monterrey	2	3	2	2	2
Guadalajara	3	3	3	4	2
Maderas	4	4	en desarrollo	en desarrollo	en desarrollo
Qro	3	3	2	2	2
Tequila	4	4	en desarrollo	en desarrollo	en desarrollo
Puebla	3	3	2	2	2
Ciudad Creativa	3	3	3	2	2

Cuadro 6. Estimación de grado de desarrollo para algunas ciudades en México.

Algunas conclusiones.

Considerando los indicadores internacionales, así como algunas de las recomendaciones de entidades internacionales, para el desarrollo de Ciudades Inteligentes se considera que los proyectos mencionados y los que están en gestación integran un escenario con una enorme cantidad de oportunidades y ofrece un espacio con muchas posibilidades para llevar a cabo la implementación de modelos de gestión inteligente, que permita mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Uno de los factores comunes que se encontraron es que la totalidad de los proyectos se encuentra aún en alguna fase de desarrollo, y en algunos casos en etapas aún de planeación y proyección, lo que permitiría evaluar y reforzar los proyectos con base a las recomendaciones de entidad como el Banco Interamericano de Desarrollo.

En términos generales se resalta la importancia de un liderazgo que dirija las acciones encaminadas a llevar a cabo esta transformación; como ya se mencionó, a lo largo de todo el país se están llevando a cabo proyectos aislados enfocados a múltiples aplicaciones como iluminación, recolección de basura, vigilancia, transporte, energía, etc., pero si no se tiene un plan maestro que permita la integración de cada proyecto en uno global, será complicado lograr esta transformación. Además, hoy más que nunca, el papel del ciudadano, de la empresa, de la Universidad y de la empresa privada, operando como equipo, se convierte en un elemento clave para el logro de los objetivos.

REFERENCIAS

- [1] Cellular network for massive IoT. Ericsson white Paper. Uen 284 23-3278. January 2016.
- [2] Ericsson, Ericsson Mobility Report, November 2015, available at: <http://www.ericsson.com/res/docs/2015/mobility-report/ericsson-mobility-report-nov-2015.pdf>
- [3] Connecting all the things in the Internet of Things. IBM. DeveloperWorks. January 03, 2018.
- [4] D. Kusumawati, D. Setiawan and M. Suryanegara, "Spectrum requirement for IoT services: A case of Jakarta smart city," 2017 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat), Semarang, 2017, pp. 21-25.
- [5] Telecommunication Engineering Centre Department of Telecommunications Ministry of Communication & Information Technology Government of India, "Technical Report M2M Enablement in Power Sector, Spectrum requirements for PLC and Low power RF communications." Government of India, pp. 9-15, 2015.
- [6] D. Kusumawati and M. Suryanegara, "Spectrum requirement for IoT health sector in Indonesia," 2016 IEEE 3rd International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT), Kuala Lumpur, 2016, pp. 115-119.
- [7] Gartner Says 6.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent from 2015, Gartner, Inc. 10 de noviembre de 2015.
- [8] Internet of Things Connected Devices to Almost Triple to Over 38 Billion Units By 2020, Juniper Research, 23 de julio de 2015.
- [9] M.Nekovee, "Cognitive Radio Access to TV White Spaces: spectrum Opportunities, Commercial Applications and Remaining Technology Challenges,". 2010 IEEE Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, Singapore, April 2010.
- [10] IoT Market, Forecasts at a Glance. IoT Analytics, <http://iot-analytics.com/iot-market-forecasts-overview>, 17 de octubre de 2014.
- [11] <https://citiesinmotion.iese.edu/indicecim/>
- [12] Smart Cities: Digital Solutions for a more Livable Future. McKinsey & Company. June 2018.
- [13] UK Smart Cities Index 2017. Assessment of strategy and Execution for the UK's Leading Smart Cities. HUAWEI. October 2017.
- [14] Joint the dots of Smart Cities. Overview of the Smart Cities Maturity. Developed for and with the Scottish Government by Urban Tide.
- [15] B. Benamrou, B. Mohamed, A. Bernoussi and O. Mustapha, "Ranking models of smart cities," 2016 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology (CiSt), Tangier, 2016, pp. 872-879.
- [16] https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/37120_briefing_note.pdf
- [17] <https://www.smartcitymaderas.com/ciudad-maderas>
- [18] <http://barriosmartpuebla.com.mx/barrio/atlixco>