



Realizado por la Consultora:

Deloitte.



IoT para el Sector Empresarial

.....

en América Latina

Julio 2018

RESUMEN EJECUTIVO

El **Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina (cet.la)** es una iniciativa de ASIET, que tiene por objetivo promover y apoyar la reflexión y el debate sobre las políticas públicas orientadas al desarrollo de las telecomunicaciones y la Sociedad de la Información en la región, contribuyendo con elementos de análisis técnicos y económicos, a su diseño, ejecución y evaluación.

En este informe, el **cet.la** ha procurado reflejar cómo el IoT puede actuar como palanca para el crecimiento y desarrollo de la industria y otros sectores económicos en la región. Para ello, a partir de una definición de aquello que entendemos como *Internet of Things* y de una descripción del ecosistema vinculado al mismo, se implementa un análisis completo tanto crossectorial, a nivel país, como sectorial, dando, de esta forma, una idea de la situación que viven los diferentes países de LATAM respecto a la capacidad de adopción de soluciones de IoT.

El análisis crossectorial se lleva a cabo a partir de un índice que está basado en seis indicadores estrechamente ligados al ecosistema IoT, capaces de reflejar todos los aspectos y factores relevantes que podrían llegar a afectar al desarrollo de soluciones IoT. Estos indicadores y sus puntuaciones para las regiones de América Latina y OCDE se reflejan a continuación.

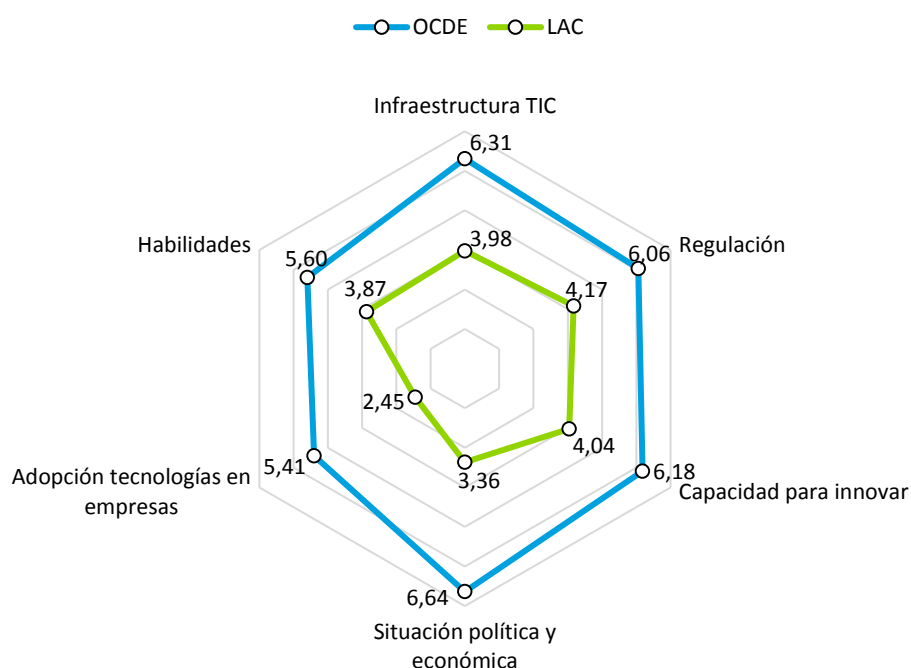


Figura 1. Resultados del índice para LAC y OCDE (1-8)

Los resultados arrojados por el índice, permiten identificar la realidad que vive la región, al tiempo que se establece una comparación con países más desarrollados. Ambos hechos facilitan la identificación de las barreras que se oponen al desarrollo, así como la forma idónea para reducir el gap existente con aquellos países más desarrollados.

El detalle a nivel país presenta a Chile, destacado, como referencia entre los países de interés, así como en la región de América Latina. Costa Rica y Brasil obtienen una puntuación que está por encima de la media de la región (3,60). México, Argentina, Colombia y Perú se encuentran en un entorno muy cercano a dicha media regional. Algo más rezagados, se encuentran Ecuador y Paraguay, presentando ambos grandes oportunidades para el desarrollo del país a través de la implementación de sistemas innovadores, lo cual no deja de ser una tónica en general para la totalidad de los países que componen la región de América Latina.

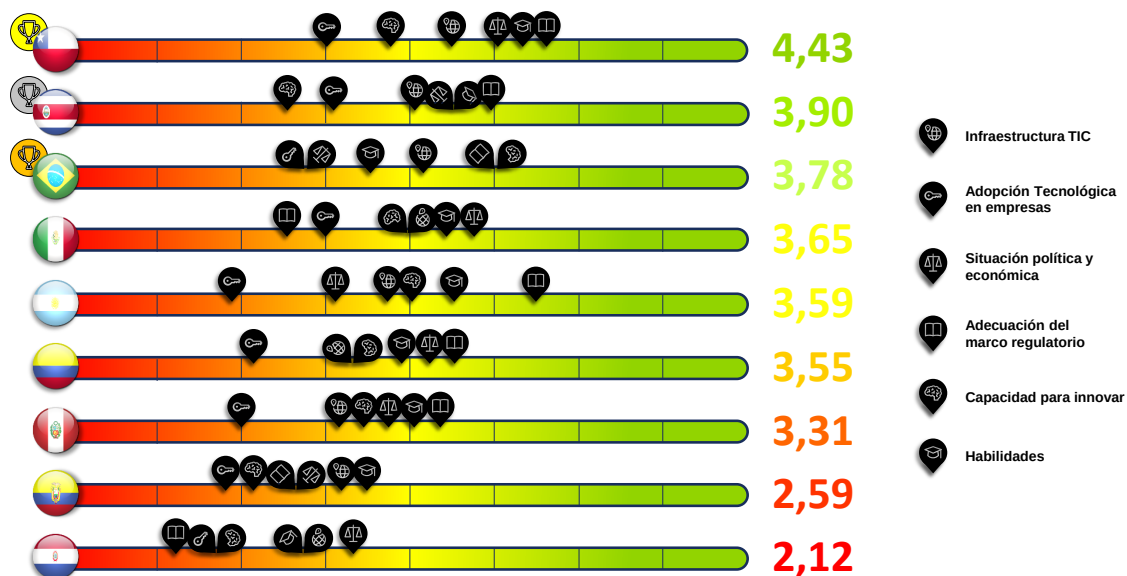


Figura 2. Grado de adopción del IoT y puntuación en el índice de los países de interés

Por otro lado, el análisis sectorial, dará luz sobre aquellas partes de la economía identificadas como más prioritarias dentro de la región. En base al análisis, se ofrecerá un *pool* de casos de uso ayudaran identificar mejores prácticas realizadas por otros en esos mismos sectores, así como establecer las prioridades, en cuanto a soluciones que deben llevarse a cabo para desarrollarlos. Especialmente relevante en la promoción del desarrollo de los países, es el efecto que puede tener el IoT en los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). En esta parte del informe se efectúa un pequeño repaso sobre el programa creado por la Organización de las Naciones Unidas y la correlación existente entre el desarrollo de soluciones basadas en IoT y la consumación de estos objetivos. Se establece una relación entre aquellos objetivos que están mas correlados con el IoT y los casos de uso y mejores prácticas que podrían servir de ejemplo en cómo avanzar camino en la consecución de dichos objetivos.

El informe desarrolla, tras el análisis, aquellos aspectos más relevantes sobre los que empresas y organismos públicos deben actuar para potenciar el desarrollo económico. Aspectos regulatorios como la protección de los datos de usuarios y la privacidad, la nueva gestión del espectro o la novedosa eSIM han sido analizados. De igual manera, se recogen mejores prácticas en materia de políticas públicas que podrían impulsar los sectores de interés.

En definitiva, el proyecto identifica los principales aspectos empresariales, regulatorios, económicos, sociodemográficos y tecnológicos que condicionan la adopción de la tecnología, y por tanto el desarrollo, en la región.

Contenidos

1. ESTUDIO GENERAL DEL IOT.....	9
2. PARTICULARIDADES DEL IOT.....	19
2.1.1 Dispositivos.....	21
2.1.2 Redes de comunicaciones.....	28
2.1.3 Plataformas software y de analítica.....	44
2.2.1 Capa de comunicación.....	51
2.2.2 Capa de aplicación.....	52
2.2.3 Capa de servicio.....	53
3 IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS PARA LA ADOPCIÓN DEL IOT POR PARTE DE EMPRESAS Y CÓMO MITIGARLAS.....	55
3.1 INTRODUCCIÓN AL ÍNDICE.....	56
3.1.1 Análisis de resultados.....	62
3.2.1 La conectividad como base para el desarrollo del IoT.....	66
3.2.2 Adecuación del marco regulatorio.....	70
3.2.3 Capacidad de innovar como palanca para el desarrollo económico.....	74
3.2.4 Situación política y económica.....	77
3.2.5 Adopción de tecnologías en empresas.....	81
3.2.6 Habilidades.....	85
4 ANÁLISIS DEL IOT A NIVEL EMPRESARIAL.....	91
4.1.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT.....	95
4.1.2 Casos de uso.....	98
4.2.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT.....	109
4.2.2 Casos de uso.....	112
4.3.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT.....	123
4.3.2 Casos de uso.....	125
4.4.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT.....	133
4.4.2 Casos de uso.....	136
4.5.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT.....	153
4.5.2 Casos de uso.....	155
5 IMPACTO DEL IOT EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	160
5.2 EL IOT Y LOS ODS.....	165
6 MEJORES PRÁCTICAS EN POLÍTICAS PÚBLICAS.....	170
6.1.1 Políticas públicas en América Latina para el desarrollo de la Industria 4.0.....	171
6.1.2 Mejores prácticas internacionales en materia de políticas públicas para el desarrollo de la Industria 4.0.....	179
6.2.1 Sector sanitario.....	188
6.2.2 Sector turístico.....	190
6.2.3 Sector agrícola.....	195
7 REVISIÓN DE ASPECTOS REGULATORIOS PARA EL DESARROLLO DEL IOT EN EL ECOSISTEMA DIGITAL EN LA REGIÓN.....	197
7.2.1 Marco Unión Europea.....	199
7.2.2 Escenario en América Latina.....	201

7.2.1	<i>Tecnologías de seguridad del IoT</i>	203
7.2.2	<i>Estándares y especificaciones</i>	207
7.4.1	<i>Numeración</i>	211
7.4.2	<i>DIRECCIONES IP</i>	214
7.5.1	<i>Problemática de las tarjetas SIM tradicionales</i>	214
7.5.2	<i>Estándar GSMA eSIM</i>	215
8	ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE RECOMENDACIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS Y CONCLUSIONES	220
8.2.1	<i>Adopción, uso y capacitación</i>	226
8.2.2	<i>Despliegue de infraestructura</i>	228
8.2.3	<i>Financiación y soporte a la innovación</i>	230
8.2.4	<i>Otros aspectos regulatorios a considerar</i>	232
9	ANEXOS	238
9.1.1	<i>Composición conceptual del índice</i>	239
9.1.2	<i>Selección de variables</i>	241
9.1.3	<i>Detección de outliers y normalización</i>	242
9.1.4	<i>Correlación entre variables y distribución de pesos</i>	244

Listado de Figuras

FIGURA 1. RESULTADOS DEL ÍNDICE PARA LAC Y OCDE (1-8).....	I
FIGURA 2. GRADO DE ADOPCIÓN DEL IOT Y PUNTUACIÓN EN EL ÍNDICE DE LOS PAÍSES DE INTERÉS	II
FIGURA 3. EVOLUCIÓN DEL M2M HACIA IOT.....	11
FIGURA 4. HITOS EN EL PROCESO EVOLUTIVO DE LAS MÁQUINAS	12
FIGURA 5. MOTIVACIONES DE NEGOCIOS PARA LA ADOPCIÓN DEL IOT	14
FIGURA 6. CADENA DE VALOR DEL IOT	15
FIGURA 7. CADENA DE VALOR Y CICLO DE ANÁLISIS QUE POSIBILITA EL IOT	16
FIGURA 8. ARQUITECTURA FUNCIONAL DE IOT	20
FIGURA 9. DESCRIPCIÓN DE DISPOSITIVOS HARDWARE	21
FIGURA 10. MERCADO DE MÓDULOS M2M.....	23
FIGURA 11. MERCADO DE TERMINALES M2M.....	23
FIGURA 12. PREVISIÓN DE LOS MERCADOS DE HARDWARE POR ÁREA	26
FIGURA 13. SENSORES INTEGRADOS EN UN TELÉFONO MÓVIL.....	27
FIGURA 14. TENDENCIA EN LOS PRECIOS DE LOS SENSORES DURANTE LOS ÚLTIMOS AÑOS	28
FIGURA 15. EVOLUCIÓN DE LA FRECUENCIA DE RELOJ DE LOS MICROPROCESADORES	28
FIGURA 16. REDES DE COMUNICACIONES CAPACES DE SUSTENTAR SOLUCIONES IOT	29
FIGURA 17. EVOLUCIÓN DE LA TASA DE TRANSFERENCIA DE DATOS EN TECNOLOGÍAS CELULARES	29
FIGURA 18. EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE TRÁNSITO DE INTERNET EN ESTADOS UNIDOS.....	30
FIGURA 19. TECNOLOGÍAS WLAN/WPAN	31
FIGURA 20. COMPARACIÓN DE REDES CLÁSICAS CON NUEVAS REDES LPWAN	33
FIGURA 21. SOLUCIONES COMERCIALES LPWAN PARA IOT.....	34
FIGURA 22. CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES LTE-M Y NB-IOT	35
FIGURA 23. PAÍSES EN LOS QUE SE HAN DESPLEGADO, HAY PLAN DE DESPLIEGUE O SE HAN REALIZADO PRUEBAS CON REDES LPWA IOT.....	36
FIGURA 24. IMPLANTACIONES Y PLANES DE IMPLANTACIÓN DE REDES LTE-M Y NB-IOT EN LATAM.....	37
FIGURA 25. REDES DE TELECOMUNICACIÓN CON ENFOQUE EN IOT.....	37
FIGURA 26. REDES LTE-A DESPLEGADAS EN EL MUNDO Y SUS TASAS POR PAÍSES	38
FIGURA 27. PREVISIÓN DE REDES 5G PARA 2021	39
FIGURA 28. MERCADO DE LAS DIFERENTES INDUSTRIAS DE SOLUCIONES IOT VÍA SATÉLITE ²³	41
FIGURA 29. MERCADO, POR REGIONES, DE SATÉLITE IOT (MILLONES DE USD).....	43
FIGURA 30. POSICIÓN DE PLATAFORMAS IOT	44
FIGURA 31. COMPARATIVA DEL MERCADO DE LOS PROVEEDORES DE PLATAFORMAS	46
FIGURA 32. CÍRCULO VIRTUOSO IA-IOT.....	47
FIGURA 33. IOT COMO PERIFÉRICO DE IA.....	48
FIGURA 34. IA COMO APLICACIÓN DE IOT	48
FIGURA 35. SISTEMA BIDIRECCIONAL IOT-IA	49
FIGURA 36. FASES DE ADOPCIÓN DE IA EN PROYECTOS IOT	50
FIGURA 37. INDICADORES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS EN LA IMPLANTACIÓN DEL IOT	56
FIGURA 38. PAÍSES DE ESPECIAL INTERÉS PARA EL ESTUDIO DEL DESARROLLO DE SOLUCIONES IOT.....	58
FIGURA 39. RESULTADOS DEL ÍNDICE PARA LAC Y OCDE (1-8).....	62
FIGURA 40. CLASIFICACIÓN Y PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE SOBRE EL IOT.....	64
FIGURA 41. MAPA CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN SOBRE EL ÍNDICE DE DESARROLLO DEL IOT	65
FIGURA 42. PENETRACIÓN DE BANDA ANCHA.....	66
FIGURA 43. VELOCIDAD MEDIA DE ACCESO A BANDA ANCHA	67
FIGURA 44. SERVIDORES DE INTERNET SEGUROS.....	68
FIGURA 45. MAPA CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN EN INFRAESTRUCTURA TIC.....	68

FIGURA 46. CLASIFICACIÓN Y PUNTUACIÓN EN LA BARRERA DE INFRAESTRUCTURA TIC	69
FIGURA 47. LEGISLACIÓN RELATIVA A LAS TIC	70
FIGURA 48. PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL.....	71
FIGURA 49. EFICIENCIA DE ORGANISMOS REGULATORIOS	71
FIGURA 50. MAPA CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN EN REGULACIÓN	72
FIGURA 51. CLASIFICACIÓN Y PUNTUACIÓN EN LA BARRERA DE REGULACIÓN.....	73
FIGURA 52. GASTO BRUTO EN I+D	74
FIGURA 53. INVESTIGADORES EN I+D.....	75
FIGURA 54. MAPA CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN EN CAPACIDAD DE INNOVAR.....	75
FIGURA 55. CLASIFICACIÓN Y PUNTUACIÓN EN LA BARRERA DE CAPACIDAD DE INNOVAR	76
FIGURA 56. VISIÓN DE LAS INSTITUCIONES PÚBLICAS	77
FIGURA 57. FACILIDADES EN EL PROCESO DE PAGO DE IMPUESTOS	78
FIGURA 58. FACILIDADES EN EL PROCESO DE RESOLUCIÓN DE INSOLVENCIAS	79
FIGURA 59. MAPA CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN EN “SITUACIÓN POLÍTICA Y ECONÓMICA”	79
FIGURA 60. CLASIFICACIÓN Y PUNTUACIÓN EN LA BARRERA DE SITUACIÓN POLÍTICA Y ECONÓMICA.....	80
FIGURA 61. INVERSIÓN EN NUEVAS TECNOLOGÍAS.....	81
FIGURA 62. INDICADORES COMPARATIVOS EN RELACIÓN A LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR EMPRESARIAL.....	82
FIGURA 63. MAPA CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN EN ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EMPRESAS	83
FIGURA 64. CLASIFICACIÓN Y PUNTUACIÓN EN LA BARRERA DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EMPRESAS	84
FIGURA 65. GRADUADOS EN CARRERAS SUPERIORES TÉCNICAS	85
FIGURA 66. USUARIOS DE INTERNET	86
FIGURA 67. DESARROLLADORES SOFTWARE.....	86
FIGURA 68. MAPA CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN EN HABILIDADES	87
FIGURA 69. CLASIFICACIÓN Y PUNTUACIÓN EN LA BARRERA DE HABILIDADES.....	88
FIGURA 70. GASTO TOTAL EN SALUD	95
FIGURA 71. RELACIÓN ENTRE LA PUNTUACIÓN EN EL ÍNDICE IoT Y EL GASTO EN SALUD PER CÁPITA	96
FIGURA 72. NÚMERO DE RECURSOS SANITARIOS POR HABITANTE.....	96
FIGURA 73. RELACIÓN ENTRE LA MORTALIDAD MATERNAL Y LA PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE IoT	97
FIGURA 74. RELACIÓN ENTRE LA MORTALIDAD DE NEONATOS Y LA PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE IoT	97
FIGURA 75. COMPARACIÓN ENTRE LA ESPERANZA DE VIDA AL NACER Y LA PUNTUACIÓN EN EL ÍNDICE IoT	98
FIGURA 76. FASES DE ATENCIÓN DEL SECTOR SANITARIO	99
FIGURA 77. DISPOSITIVOS Y DIFERENTES SOLUCIONES IoT EN EL SECTOR SANITARIO	99
FIGURA 78. ESQUEMA GENERAL DE SOLUCIONES PARA LA MONITORIZACIÓN DE PACIENTES.....	102
FIGURA 79. PORCENTAJE DE ZONAS RURALES EN LOS PAÍSES DE INTERÉS.....	104
FIGURA 80. POOL DE CASOS DE USO EN EL SECTOR SANITARIO	107
FIGURA 81. INDUSTRIA MANUFACTURERA EN LAC.....	109
FIGURA 82. COMPARACIÓN REGIONAL CON LA OCDE DE LAS EXPORTACIONES PER CÁPITA DE PRODUCTOS MANUFACTURADOS	110
FIGURA 83. RELACIÓN ENTRE LA SOFISTICACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS Y EL ÍNDICE IoT.....	110
FIGURA 84. RELACIÓN ENTRE EL VALOR AÑADIDO PER CÁPITA Y LA PUNTUACIÓN EN EL ÍNDICE IoT	111
FIGURA 85. RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO LOGÍSTICO Y EL ÍNDICE DE BARRERAS IoT	112
FIGURA 86. NÚMERO DE DISPOSITIVOS IoT EN SOLUCIONES DEL SECTOR MANUFACTURA	113
FIGURA 87. SOLUCIÓN IoT PARA GESTIÓN DE ACTIVOS	114
FIGURA 88. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LA SOLUCIÓN PARA LA GESTIÓN DE ASCENSORES.....	116
FIGURA 89. POOL DE CASOS DE USO DENTRO DEL SECTOR MANUFACTURERO	121
FIGURA 90. . ESTADO DEL EMPLEO AGRÍCOLA Y CONTRIBUCIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO AL PIB	123
FIGURA 91. RELACIÓN ENTRE EL VALOR AÑADIDO POR TRABAJADOR Y LA PUNTUACIÓN EN EL ÍNDICE IoT	124
FIGURA 92. RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE CEREALES Y LA PUNTUACIÓN EN EL ÍNDICE IoT	125
FIGURA 93. DISEÑO FUNCIONAL DE LA SOLUCIÓN PARA DETECCIÓN DE CONDICIONES DEL SUELO	126

FIGURA 94. ESQUEMA DE LA ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN BOVCONTROL	130
FIGURA 95. POOL DE CASOS DE USO EN EL SECTOR AGRÍCOLA.....	131
FIGURA 96. CONTRIBUCIÓN DEL TURISMO AL PIB	133
FIGURA 97. COMPARACIÓN ENTRE EL COSTE EN LAS EMPRESAS POR CRIMEN Y LA PUNTUACIÓN EN EL ÍNDICE IOT	134
FIGURA 98. COMPARACIÓN ENTRE LA PRODUCTIVIDAD DEL SECTOR TURISMO Y LA PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE IOT	135
FIGURA 99. SOLUCIONES IOT EN GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS	140
FIGURA 100. SOLUCIÓN TÉCNICA IMPLEMENTADA EN LONDRES	144
FIGURA 101. SOLUCIÓN TÉCNICA IMPLEMENTADA EN SINGAPUR	145
FIGURA 102. MONITORIZACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN Y PREDICCIÓN DEL TIEMPO DE LLEGADA DE AUTOBUSES.....	146
FIGURA 103. CASO DE USO 2: MONITORIZACIÓN DEL NIVEL DE OCUPACIÓN DE AUTOBUSES.....	147
FIGURA 104. DETECCIÓN DE DAÑOS EN LA CARRETERA	148
FIGURA 105. CASO DE USO 5: MANTENIMIENTO PREDICTIVO	149
FIGURA 106. POOL DE CASOS DE USO EN EL SECTOR TRISMO.....	151
FIGURA 107. CONTRIBUCIÓN DEL COMERCIO AL PIB.....	153
FIGURA 108. EXPORTACIONES VS IMPORTACIONES DE LA OCDE Y LAC	154
FIGURA 109. EJEMPLO DE LA EXPERIENCIA OMNICANAL EN EL COMERCIO	155
FIGURA 110. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LA SOLUCIÓN PARA GESTIÓN DE MÁQUINAS EXPENDEDORAS	156
FIGURA 111. POOL DE CASOS DE USO EN EL SECTOR DE COMERCIO MINORISTA.....	159
FIGURA 112. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)	161
FIGURA 113. SITUACIÓN CUALITATIVA DE LOS ODS EN PAÍSES DE INTERÉS.....	162
FIGURA 114. COMPARACIÓN DEL ODS10 Y ODS16 ENTRE LOS PAÍSES DE INTERÉS.....	163
FIGURA 115. COMPARACIÓN DE LOS ODS2, ODS3, ODS8 Y ODS9 ENTRE LOS PAÍSES DE INTERÉS	164
FIGURA 116. CORRELACIÓN ENTRE EL ESTADO DEL IOT Y EL ESTADO DE SUS ODS	165
FIGURA 117. ODS CON MAYOR CORRELACIÓN CON EL ESTADO DEL IOT	166
FIGURA 118. MEJORES POLÍTICAS PÚBLICAS EN AMÉRICA LATINA	172
FIGURA 119. SITUACIÓN DEL EGOVERNMENT	177
FIGURA 120. INICIATIVAS Y PLANES ESTRATÉGICOS PARA LA DIGITALIZACIÓN DEL SECTOR INDUSTRIA	179
FIGURA 121. INICIATIVAS NACIONALES PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DIGITAL.....	180
FIGURA 122. COMPOSICIÓN DE LA PLATAFORMA <i>LA NOUVELLE FRANCE INDUSTRIELLE</i>	183
FIGURA 123. PILARES DE LAS POLÍTICAS DE INDUSTRIA CONECTADA.....	184
FIGURA 124. FASES DE LA ESTRATEGIA DE REINDUSTRIALIZACIÓN CHINA	185
FIGURA 125. PRINCIPALES MEDIDAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MADE IN CHINA 2025	185
FIGURA 126. AGENTES IMPLICADOS EN SOLUCIONES <i>EHEALTH</i>	188
FIGURA 127. INICIATIVAS PARA LA DIGITALIZACIÓN DEL SECTOR TURÍSTICO	191
FIGURA 128. REQUERIMIENTOS PARA ASEGURAR LA SEGURIDAD DE DATOS PERSONALES	199
FIGURA 129. SITUACIÓN REGULATORIA DE LA PRIVACIDAD EN LATAM.....	201
FIGURA 130. TECNOLOGÍAS MÁS DESARROLLADAS EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD IOT	206
FIGURA 131. ESPECTRO ASIGNADO EN LATAM A SERVICIOS MÓVILES.....	209
FIGURA 132. ASIGNACIÓN DE ESPECTRO 4G EN AMÉRICA LATINA	210
FIGURA 133. DERECHOS ADUANEROS ACTUALES PARA EQUIPOS DE TELEFONÍA	218
FIGURA 134. ADUANAS Y OTROS IMPUESTOS DE IMPORTACIÓN (% DE IMPUESTO)	219
FIGURA 135. RESULTADOS DEL ÍNDICE PARA LAC Y OCDE (1-8)	222
FIGURA 136. RESUMEN DEL GRADO DE ADOPCIÓN DEL IOT EN LOS PAÍSES DE INTERÉS	224
FIGURA 137. INDICADORES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS EN LA IMPLANTACIÓN DEL IOT	239

Listado de Tablas

TABLA 1. PROVEEDORES DE MÓDULOS M2M POR INGRESOS	22
TABLA 2. PREVISIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS ENVÍOS DE DISPOSITIVOS IoT POR REGIÓN	24
TABLA 3. PREVISIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS ENVÍOS DE TERMINALES IoT CELULARES POR REGIÓN	25
TABLA 4. TABLA RESUMEN CON LA PUNTUACIÓN EN EL ÍNDICE DE LAC Y LA OCDE	62
TABLA 5. GASTO USUARIOS FINALES EN SERVICIOS DE CLOUD PÚBLICA	82
TABLA 6. RESULTADOS PTN 2011-2015	175
TABLA 7. PRIORIDADES EN LA INICIATIVA INTERNET+ EN CHINA	186
TABLA 8. COMPARATIVA DE ASPECTOS ESPECTRALES PARA LAS TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD IoT	208
TABLA 9. COMPARATIVA DE ASPECTOS ESPECTRALES PARA LAS TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD IoT	233
TABLA 10. LISTADO DE ACRÓNIMOS	237
TABLA 11. DETALLE DE INDICADORES Y FUENTES ESCOGIDAS PARA CONFORMAR EL ÍNDICE	241
TABLA 12. DETALLE DEL TIPO DE NORMALIZACIÓN, OUTLIERS Y MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE CADA VARIABLE	243
TABLA 13. DETALLE DE LA DISTRIBUCIÓN DE PESOS PARA LAS VARIABLES Y BARRERAS QUE CONFORMAN EL ÍNDICE	245
TABLA 14. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE LA BARRERA “INFRAESTRUCTURA TIC”	245
TABLA 15. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE LA BARRERA “REGULACIÓN”	246
TABLA 16. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE LA BARRERA “CAPACIDAD PARA INNOVAR”	246
TABLA 17. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE LA BARRERA “SITUACIÓN POLÍTICA Y ECONÓMICA”	246
TABLA 18. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE LA BARRERA “ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EMPRESAS”	247
TABLA 19. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE LA BARRERA “HABILIDADES”	247

1. Estudio general del IoT



1.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE IoT Y M2M

Una definición simple llevada a cabo por el Grupo de Soluciones Empresariales para Internet (IBSG) de Cisco¹, aseveraba que el IoT es simplemente el momento en el que hay más “cosas u objetos” que personas conectados a Internet.

Basándonos en esta definición, en 2003, se obtenía un total de 0,08 dispositivos por persona, a nivel mundial (se habían contabilizado 500 millones de dispositivos conectados a Internet). Más adelante, cuando los dispositivos ubicuos empezaron a abrirse camino entre los consumidores, esta definición empezó a cobrar más sentido. El crecimiento relevante que los smartphones experimentaron durante 2010, hizo posible que se contabilizase una media de 1,84 dispositivos para los 6,800 millones de personas que habitaban el planeta.

Datos similares más actuales y proyecciones por parte de Gartner² o Juniper Research³, revelan que el número de dispositivos conectados podría ascender hasta 21.000 millones o incluso a 38.500 millones. Este número de dispositivos elevaría el ratio a aproximadamente 6 dispositivos por persona. Este hecho refleja que la definición anterior se queda corta para definir el fenómeno IoT.

El IoT, más específicamente, podría ser entendido como un sistema en el que la totalidad de los dispositivos (infraestructuras, vehículos, máquinas y otros elementos electrónicos) están interconectados gracias a varias o a la misma red para generar y compartir datos.

En 2013, la “*Global Standards Initiative on Internet of Things*” (IoT-GSI) definió el IoT como una infraestructura global para la sociedad de la información que permita servicios avanzados interconectando “cosas” (física y virtualmente) basadas en tecnologías de la información y la comunicación tanto existentes como en evolución⁴. Entendiendo como “cosas” todo objeto físico o perteneciente al mundo de la información (objeto virtual), capaz de ser identificado e integrado en una red de comunicaciones.

A su vez, el IoT permite a los objetos ser detectados o controlados de forma remota a través de infraestructura de redes ya existente. Creando, de esta forma, oportunidades para una integración más directa del mundo físico y de los sistemas basados en computación, añadiendo una mayor eficiencia, precisión y beneficio económico debido a la reducción de la intervención humana⁵.

¹ Fuente: IBSG de Cisco, 2011

² Fuente: Gartner, Inc. 10 de noviembre de 2015

³ Fuente: Juniper Research, 23 de julio de 2015

⁴ Fuente: International Telecommunication Union, Overview of the Internet of things, Recommendation ITU-T Y.2060

⁵ Fuentes: Cisco, Harvard y otros.

1.1.1 Evolución de M2M a IoT

Las discusiones sobre el IoT industrial y sus beneficios potenciales han aumentado el número de preguntas respecto a qué diferencias existen entre IoT y su predecesor, las comunicaciones “Machine-to-Machine”⁶.

Si bien es cierto que el acceso remoto de los dispositivos es la principal similitud entre ambas soluciones, los parecidos entre ellas no van mucho más allá. Por ejemplo, las comunicaciones M2M, tradicionalmente, se basaban en transmisiones punto a punto usando hardware embebido y redes celulares o cableadas. Por el contrario, las soluciones IoT están basadas en redes IP para interconectar datos de dispositivos con una plataforma *Cloud* o un middleware.

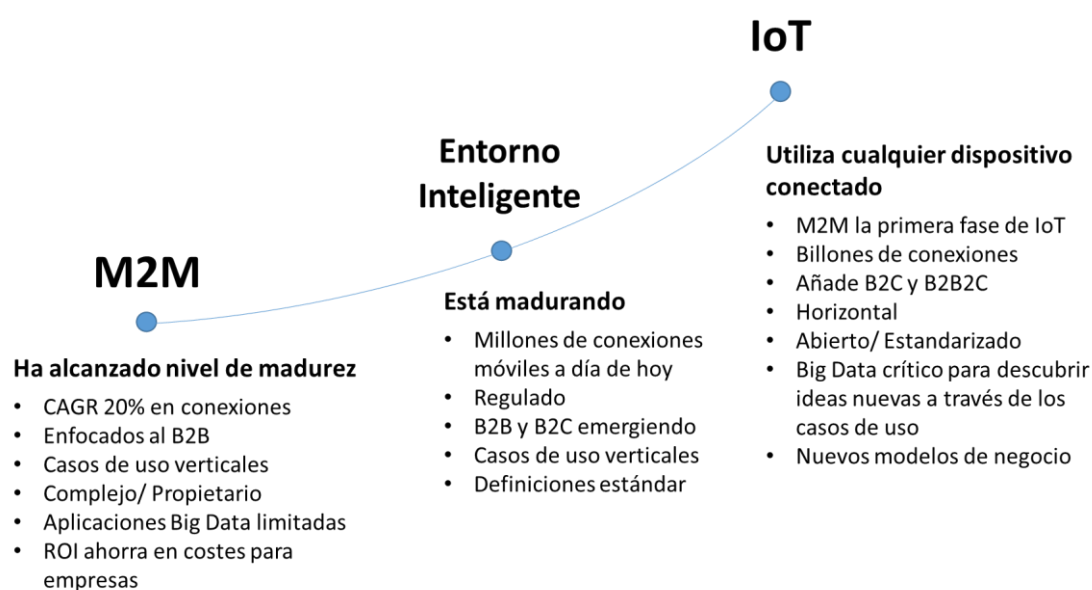


Figura 3. Evolución del M2M hacia IoT⁷

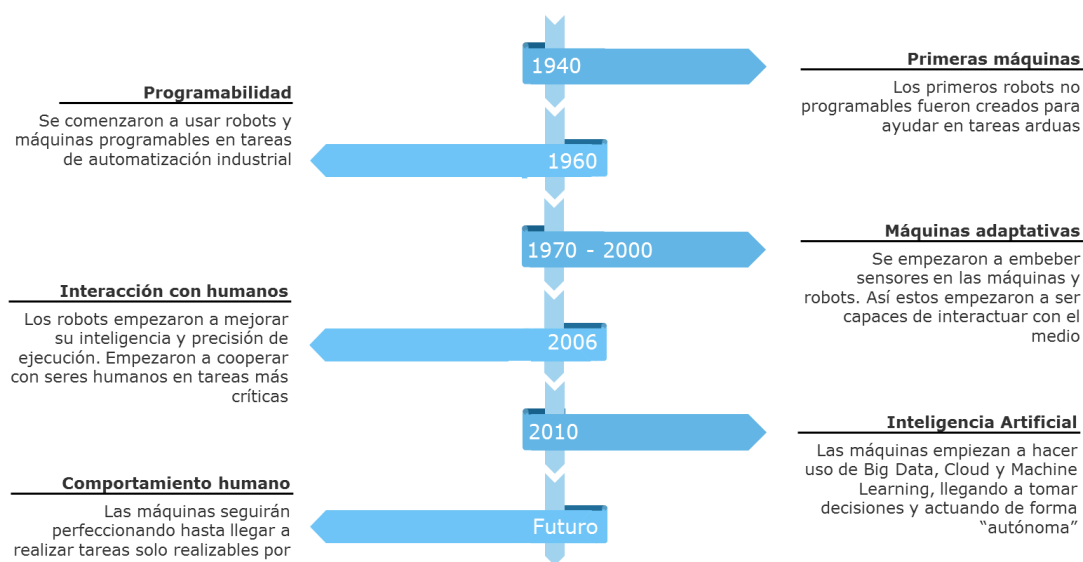
La integración de dispositivos y datos de sensores con *Big Data*, analítica y otras aplicaciones empresariales es el concepto principal tras el que emerge IoT. Como ya se ha comentado, esta integración es clave para conseguir los numerosos beneficios con los que se relaciona el IoT.

Gracias a las tecnologías habilitadoras que han ido surgiendo con el transcurso de los años, se ha conseguido incrementar el rol que adquieren las máquinas en la industria, primero, y en el ecosistema IoT, después. Se observa cómo dichas máquinas pasan de la simple automatización requerida para acciones repetitivas en entornos estructurados, a aplicaciones y servicios más sofisticados en entornos menos estructurados que requieren de una toma de decisiones producida por el análisis del entorno que las rodea, además de otras situaciones complejas.

A continuación, se reflejan los hitos que demuestran esta evolución sufrida por las máquinas, hasta conseguir conformar el concepto de IoT tal y como lo conocemos.

⁶ Fuente: Automationworld; <https://www.automationworld.com/article/topics/cloud-computing/know-difference-between-iiot-and-m2m>

⁷ Fuente: 5G Americas, LTE and 5G Technologies Enabling the Internet of Things

Figura 4. Hitos en el proceso evolutivo de las máquinas⁸

1940-1970: A fines de la década de 1940, se desarrollaron unos pocos robots no programables; estos robots no podían ser reprogramados para adaptarse a las situaciones cambiantes y, como tales, meramente servían como armas mecánicas para tareas pesadas y repetitivas en las industrias manufactureras⁹. En 1954, se desarrolló uno de los primeros robots programables¹⁰, y en la década de 1960, un número cada vez mayor de empresas comenzó a utilizar robots programables para aplicaciones de automatización industrial, como la gestión de almacenes y el mecanizado.

1970-2000: Este período fue testigo de desarrollos clave relacionados con la evolución de los robots adaptativos. Como su nombre indica, los robots adaptativos con sensores integrados y sistemas de actuación sofisticados podían adaptarse a un entorno cambiante y podían realizar tareas con mayor precisión y complejidad en comparación con los robots no adaptativos¹¹. Durante este período, se utilizaron máquinas robóticas que podían adaptarse a diversas situaciones para identificar objetos y actuar de manera autónoma en aplicaciones tales como vehículos espaciales, vehículos aéreos no tripulados y submarinos¹².

2000-2010: El desarrollo de un sistema operativo de robot de código abierto (desarrollado por Open Source Robotics Foundation) en 2006 fue un importante motor que permitió el desarrollo y la prueba de varias tecnologías robóticas¹³. A medida que la inteligencia y la precisión de

⁸ Fuente: Inside the Internet of Things (IoT), Deloitte University Press 2015

⁹ Fuente: "Robotics has a long history in Australia," PACE – Noviembre
<http://www.pacetoday.com.au/features/evolution-of-robotics-in-australia>

¹⁰ Fuente: "History of industrial robots" - RobotWorx - <http://www.robots.com/education/industrial-history>

¹¹ Fuente: "Design and analysis of Autonomous Robots," *International Journal of Engineering Research and General Science* volume 3, issue 1 (2015) - A.Rethinavelsubramanian,

¹² Fuente: *Introduction to robotics* – 2006 - Dan O.Popa

¹³ Fuente: Fidelity Worldwide Investment, *21st century themes: Automation and robotics* - Julio 2014.

ejecución de los robots mejoraron, comenzaron a trabajar cada vez más con seres humanos en tareas de precisión como cirugías médicas.

2010-Hasta nuestros días: Con la disponibilidad de tecnologías como *Big Data*, IoT, computación basada en la nube y aprendizaje automático, los robots en general parecen estar mejorando en la toma de decisiones y se están acercando gradualmente a la autonomía en muchas acciones. Aunque la tecnología subyacente está disponible, los desafíos legales y sociales relacionados con el uso de vehículos autónomos están aún poco definidos. Asistimos al desarrollo de máquinas que tienen características antropomórficas y poseen habilidades similares a las de los humanos, como la percepción visual y el reconocimiento del habla¹⁴.

1.2 ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES Y MODELOS DE NEGOCIO HABILITADO

A medida que el concepto del IoT se expande, las implicaciones del mismo para los modelos de negocio aumentan. Para ser competitivos y alcanzar los objetivos marcados, las empresas deberán ser capaces de crear y capturar valor de forma eficiente. La creación de valor¹⁵, que abarca las actividades de la empresa que incrementan el valor de la misma, haciendo que los clientes quieran pagar y consumir más, es el centro de todo modelo de negocio. Crear valor significa identificar necesidades duraderas de los clientes y crear soluciones bien diseñadas para responder a las mismas.

La competencia siempre se ha entendido como una comparativa entre características en la que, llegados a un punto, en el que la innovación demuestra ser demasiado incremental, se produce competencia por precios, pasando finalmente los objetos a quedar obsoletos. Sin embargo, en un mundo conectado los productos no se mantienen como cuando fueron generados. Gracias a las continuas actualizaciones, nuevas características y funcionalidades pueden ser añadidas o generadas para los consumidores.

La habilidad para analizar el uso de los productos puede hacer posible la respuesta al comportamiento del usuario. Y por supuesto, los productos pueden estar conectados añadiendo así muchas más formas de previsión, optimización y aumento de los servicios, mejorando la experiencia del usuario. Por otro lado, la captura de valor puede ser definida como la monetización del valor del cliente. Normalmente, se reduce a establecer el precio adecuado para maximizar beneficios. Sin embargo, con el IoT aumentan las posibilidades de aumentar la, ya comentada, experiencia de usuario, que permite capturar valor a través de personalización de servicios y la información contextual adquirida a lo largo del tiempo.

¹⁴ Fuente: Timothy Aepfel, "What clever robots mean for jobs," Wall Street Journal - Febrero 2015, <http://www.wsj.com/articles/what-clever-robots-mean-for-jobs-1424835002>

¹⁵ Fuente: Harvard Business Review; <https://hbr.org/2014/07/how-the-internet-of-things-changes-business-models>

Por tanto, podremos afirmar que algunas de las motivaciones clave del mercado IoT para las grandes empresas tienen que ver con una generación de nuevos flujos de ingresos a través de la generación y/o captura de valor.

Desde un punto de vista comercial, la adopción del IoT está impulsada por factores tales como:

- La optimización del uso de los activos físicos y financieros
- La diferenciación de productos y servicios
- La transformación en la participación del cliente

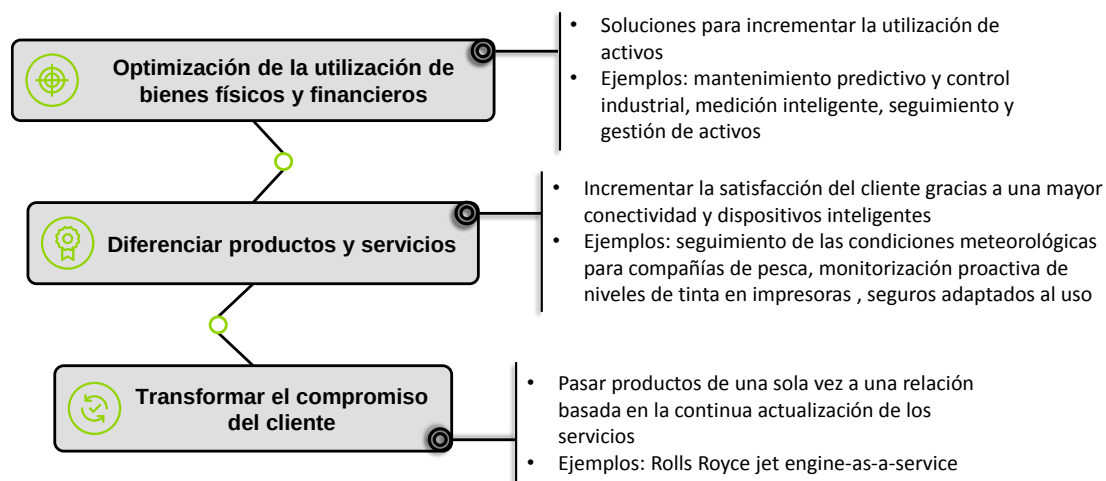


Figura 5. Motivaciones de negocios para la adopción del IoT¹⁶

1.3 CADENA DE VALOR DEL IOT

Ya es sabido que la cadena de valor puede definirse como un modelo teórico que permite describir cómo una organización empresarial, o en este caso un ecosistema, que desarrolla sus actividades para generar valor al cliente final.

En el caso del ecosistema IoT, esta cadena de valor puede especificarse en 5 capas o estratos diferentes. Uno de esos estratos es transversal al resto, el que concierne a la seguridad de los elementos que conforman el ecosistema, así como la de los consumidores finales. Los otros cuatro se apilan, habilitando las actividades del estrato inmediatamente superior en la cadena de valor.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la organización de la cadena de valor. En ella se especifican las actividades con la que se relacionaría cada estrato y alguna empresa que pudiera ser enmarcada en alguno de ellos.

¹⁶ Fuente: HP

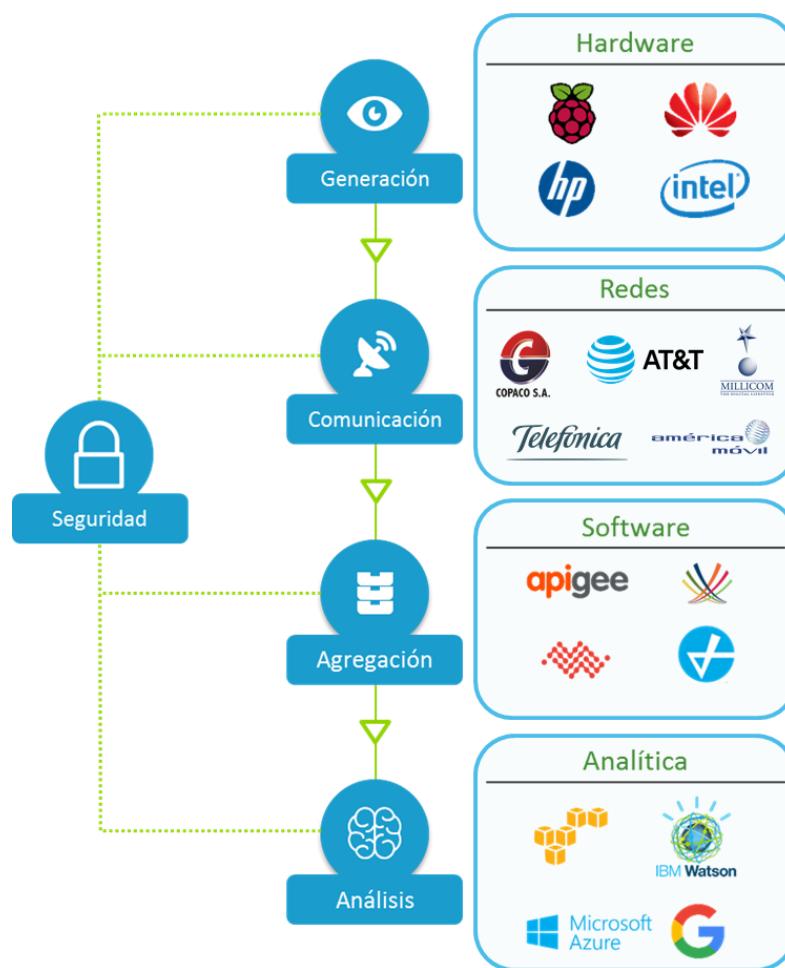


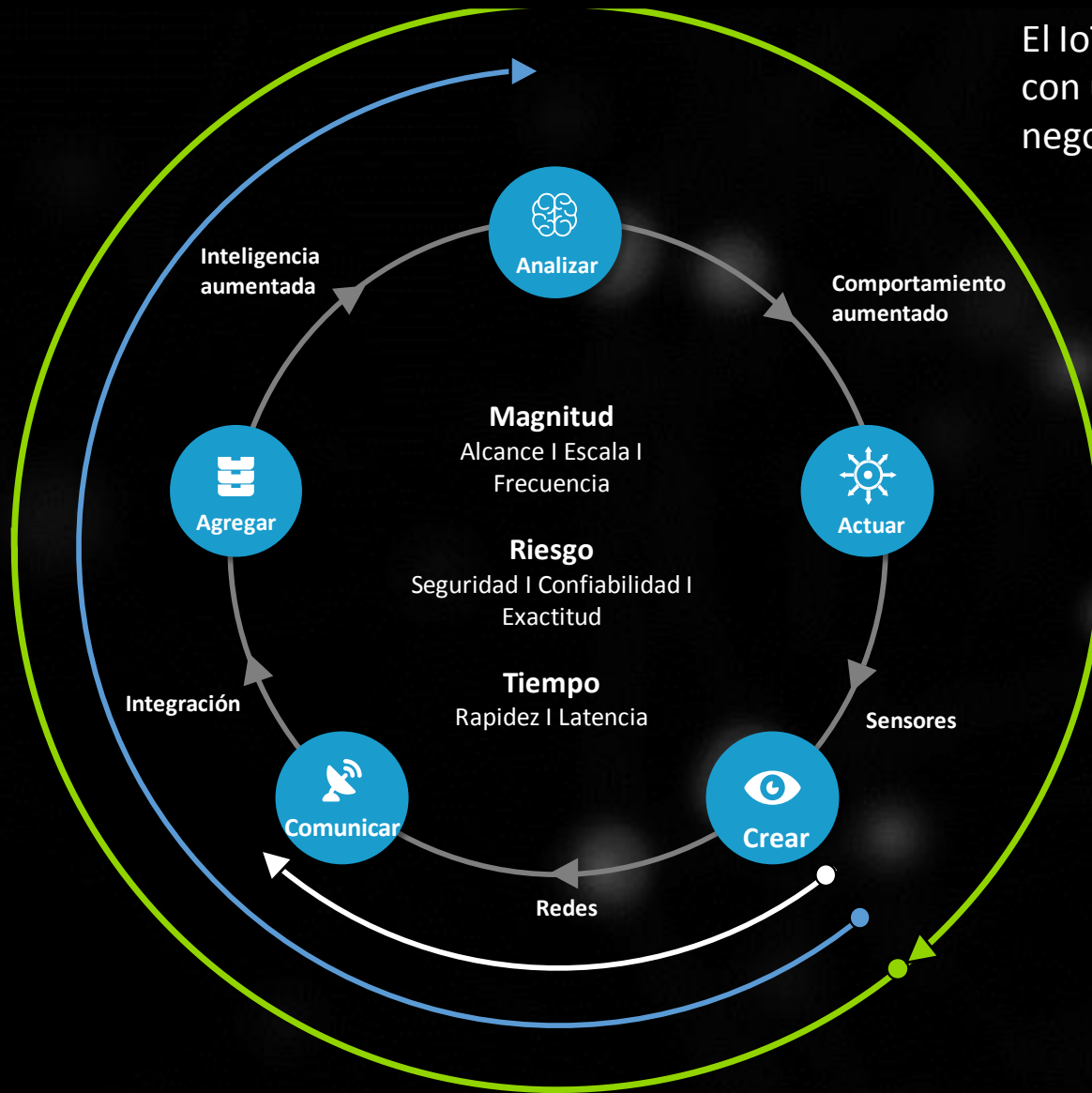
Figura 6. Cadena de valor del IoT¹⁷

La capa denominada como hardware está compuesta por todos aquellos elementos físicos que llevan a cabo la adquisición de datos y soporte del sistema. Estos elementos son sensores, dispositivos y gateways. El segundo estrato lo componen las redes que permiten dar comunicación y conexión a los elementos más básicos del ecosistema. Existen diversos tipos de redes de comunicaciones: LAN, LPWAN, PAN, terrestres y satelitales. La función de agregación la llevan a cabo los elementos software. APIs, aplicaciones, protocolos, plataformas y estándares que gestionan tanto los procesos como los recursos físicos y de conexión.

El estrato encargado de la analítica, compuesto por bases de datos y sistemas de inteligencia artificial, es la componente clave del sistema. Añade valor con la obtención de conclusiones a partir de datos transmitidos y generados y la gestión de acciones que tengan que ver con los mismos. Por último, y transversal a los comentados, se encuentra la función de seguridad, que debe estar implementada en el resto de estratos para dotar de todas las funciones que eviten que el funcionamiento del ecosistema pueda verse amenazado. Tal y como se muestra en la imagen posterior, la cadena de valor puede ser vista como un ciclo de valor en el que dependiendo de la etapa en la que se finalice el ciclo se efectuará un tipo distinto de análisis: descriptivo, predictivo o prescriptivo.

¹⁷ Fuente: Análisis de Deloitte

El IoT posibilita la aparición de analítica compleja con un impacto más que significativo en los negocios



1

Análisis descriptivo
Respuesta: ¿Qué ha pasado?

2

Análisis predictivo
Respuesta: ¿Qué podría ocurrir?

3

Análisis prescriptivo
Respuesta: ¿Qué se debe hacer para obtener el resultado deseado?

Figura 7. Cadena de valor y ciclo de análisis que posibilita el IoT

1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Como ya se ha comentado anteriormente, el paradigma que pretende abarcar el IoT es facilitar la interacción entre los objetos y las tecnologías de la información y el mundo real, ofreciendo posibilidades de detección y control.

El aprovisionamiento de servicios IoT requiere de objetos con una conectividad flexible, móvil y ubicua. A día de hoy esta conexión sólo puede ser provista a través de acceso radio¹⁸.

Las primeras soluciones optaban por conectar dispositivos situados en objetos más grandes en los que los modelos de negocio tenían más sentido, por ser los módems, chips o dispositivos instalados mucho más baratos en comparación.

A partir de ese punto, los fóruns tecnológicos y organismos de estandarización enfocaron la evolución hacia soluciones con dispositivos de muy baja potencia, centrados en el aprovisionamiento de redes de malla, consiguiendo así, reducir el coste de los mismos. Esto pone de relieve cuatro requisitos principales previstos para el despliegue masivo de servicios de IoT:

- **Dispositivos de bajo coste**, se necesita que estén integrados, no solo en un modem de un chip, sino también con sensores y actuadores.
- **Sistemas de gestión eficiente de energía**, que permitan la mayor autonomía a los dispositivos IoT.
- **Cobertura ubicua** en el escenario de despliegue. El despliegue realizado debe garantizar un alto grado de cobertura, sobre todo en interiores, pero también en exteriores.
- **Escalabilidad**, teniendo en cuenta el alto número de dispositivos que entrarán en juego en los despliegues de los escenarios “ultra-densos” y el crecimiento exponencial de los dispositivos.

Los requerimientos básicos fueron completados con una combinación de Dispositivos de Corto Rango (SRD) y redes en malla. Los dispositivos cumplían las funcionalidades de uso reducido de potencia, y por tanto bajo coste y eficiencia energética, mientras que la conexión en red proporcionaba la flexibilidad para extender la cobertura en interiores y exteriores, así como la escalabilidad del sistema.

Sin embargo, la complejidad de enrutamiento y la necesidad de un mayor abastecimiento de energía para los nodos coordinadores del tráfico IP, limitó bastante la utilización de las redes “multi-hop”.

Para solventar estos problemas, y gracias a la mejora de la tecnología de diseño de chips, se dio un nuevo enfoque para alcanzar los requisitos marcados para el IoT. A esta tecnología se la conoce como LPWA (Amplia Área de Baja Potencia).

¹⁸ Fuente: 5G Americas: LTE and 5G Technologies Enabling the Internet of Things

La idea de esta nueva aproximación es emplear la topología de estrella para reducir los gastos de operación (OPEX), debido a la reducción de nodos coordinadores, e incrementar la cobertura gracias a tecnologías con modulaciones más avanzadas.

Por tanto, como algunos parámetros del acceso radio no son tan críticos para los servicios IoT será posible variar los siguientes parámetros en función de la aplicación o el servicio que se pretenda acometer:

- **Throughput**, debido a que los escenarios solamente requieren conexiones de unos pocos kbps o menos.
- **Longitud de los paquetes**, pues los mensajes ocuparán como máximo algunos pocos Bytes.
- **Ciclo de actividad**, ya que los periodos en los que exista actividad serán, generalmente, inferiores al 10% del tiempo.
- **Latencia**. Dependerá del servicio que se quiera dar, pero en general la mayoría de servicios IoT tienen requisitos de latencia menos exigentes que los móviles tradicionales.
- **Traspasos**, que no serán requeridos en la mayoría de los escenarios.



2. Particularidades del IoT

Entrando más detalladamente en el ecosistema IoT, en este apartado se abordan los esfuerzos para estandarizar el entorno IoT; y se explicarán las particularidades de cada uno de los estratos que conforman su cadena de valor. Finalmente, se analizará el tamaño de mercado que puede llegar a alcanzar esta nueva realidad en América Latina.

2.1 ARQUITECTURA FUNCIONAL Y DIMENSIONADO DEL IoT

Dentro del ecosistema IoT, las consideraciones funcionales y las opciones tecnológicas deben abordarse de manera diferente. En esta sección se hará una descripción en profundidad de las partes principales de la arquitectura funcional del IoT, considerando como tales: los dispositivos, las redes de comunicaciones y las plataformas software analíticas. Se describirán las soluciones técnicas de cada uno de los estratos, realizando un breve estudio de mercado que se centrará, fundamentalmente, en la región de América Latina.

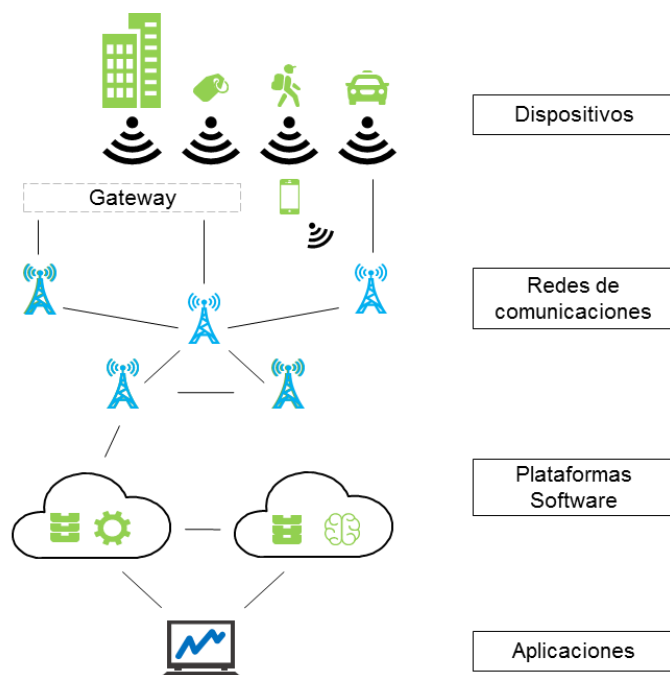


Figura 8. Arquitectura funcional de IoT¹⁹

La arquitectura funcional se compone de cuatro estratos, tal y como se ve en la figura:

- **Dispositivos:** Son componentes electrónicos, entendiendo como tales: sensores, chips o módulos de comunicación; capaces de generar una gran cantidad de datos de los que se nutrirá la solución IoT. Estos componentes presentan unos grados de miniaturización y conectividad cada vez mayores y unos costes cada vez más bajos. Si bien es cierto, que cualquier componente electrónico capaz de generar datos es considerado dispositivo

¹⁹ Fuente: Análisis de Deloitte

dentro de la arquitectura IoT, es necesario poner el foco en los **sensores**, por ser éstos los más utilizados dentro de las soluciones IoT. Los sensores son dispositivos que generan una señal electrónica cuando se da una condición física o un evento determinado. La reducción del precio de los sensores, es uno de los principales impulsores del crecimiento del ecosistema IoT.

- **Redes de comunicaciones:** Son el medio que proporciona la conectividad dentro del entorno IoT. Diferentes casuísticas de soluciones IoT necesitarán diferentes redes sobre las que enviar los datos generados por los dispositivos, por lo que existe un gran abanico de redes de comunicaciones utilizadas por servicios IoT: WAN, LPWAN, celulares (2G, 3G, LTE LTE-A), satelitales, etc.
- **Plataformas software y analíticas:** Representan la capa de integración entre dispositivos, redes y aplicaciones. Si bien existe un gran tipo de plataformas distintas con funcionalidades muy diferentes, el objetivo principal de todas ellas es facilitar la labor de los proveedores de dispositivos, de redes y de aplicaciones; mediante herramientas, interfaces y sistemas. De este modo impulsarán la evolución del ecosistema IoT.
- **Aplicaciones:** Son los procedimientos que utilizan los datos enviados por los sensores, a través de las redes de comunicaciones, y la capacidad analítica de las plataformas software para ofrecer un servicio, como el riego de un campo de cultivo a unas horas determinadas o la detección de una enfermedad.

2.1.1 Dispositivos

GENERALIDADES

Los dispositivos son elementos basados en chips de tecnología celular, generalmente empaquetados formando módulos M2M, que, a su vez, forman parte de un terminal M2M. Todo ello se integra formando un producto completo²⁰, que será la base hardware de las comunicaciones *Machine to Machine* (M2M).

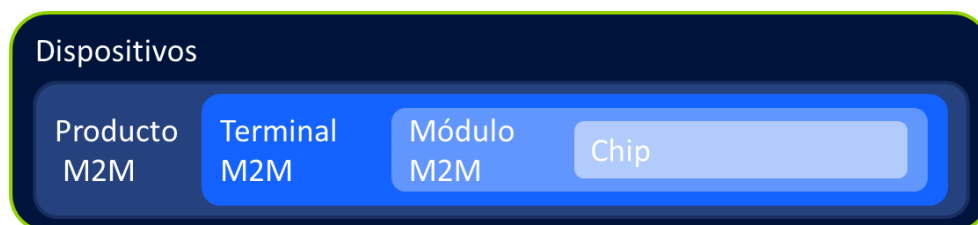


Figura 9. Descripción de dispositivos hardware

²⁰ Fuente: Berg Insight

- **Chip:** Son el núcleo de todos los dispositivos M2M inalámbricos. Comparten la misma plataforma tecnológica que otros dispositivos celulares tales como teléfonos móviles o módems USB.
- **Módulo M2M:** El desarrollo de productos a nivel de chip es muy complejo y conlleva un mayor tiempo de integración. Por este motivo los desarrolladores usan módulos M2M prediseñados y definidos de forma estándar, e. Estos, pueden ser fácilmente incorporados en los diseños de placas de circuitos.
- **Terminal M2M:** En numerosos casos los módulos se empaquetan formando un terminal construido para un propósito predefinido. Los terminales pueden clasificarse como:
 - Módems: usados para dar conectividad celular a un dispositivo IoT.
 - Routers: proporcionan conexión, pero no tiene por qué ser a una red externa, como por ejemplo Internet. Diseñado para comunicar diferentes dispositivos y sensores dentro de la misma red
 - Gateways: tienen la misma funcionalidad que los routers, pero son capaces de gestionar varios protocolos al mismo tiempo.

DATOS DEL MERCADO POR REGIONES

Como se ha visto anteriormente, los dispositivos de los que se compone la capa hardware del ecosistema IoT, están basados en módulos M2M y terminales M2M. Ambos mercados están estrechamente relacionados debido a que todos los terminales incluyen algún módulo.

En cuanto al mercado de módulos M2M, tomando datos de Berg Insight, cabe destacar que el número de unidades suministradas a nivel global han aumentado en un 19% en 2015, alcanzando los 96 millones, y los ingresos de los tres principales proveedores de módulos: Sierra Wireless, Telit y Gemalto; se han incrementado un 12% durante este periodo, alcanzando los 1,1 billones de USD, situando el valor total de mercado en 1,6 billones de USD.

Compañía	Ventas (Millones de USD)	Cuota de Mercado	Unidades suministradas
Sierra Wireless	523	33%	15.000.000
Telit	300	19%	15.600.000
Gemalto	295	19%	14.000.000
SIMCom	131	8%	17.200.000
u-blox	83	5%	5.900.000
Huawei	45	3%	5.000.000
ZTE	41	3%	2.900.000
Quectel	35	2%	10.000.000
Otros	110	7%	10.400.000
Total	1563	100%	96.000.000

Tabla 1. Proveedores de módulos M2M por ingresos²¹

²¹ Fuente: The Global M2M/IoT Terminal Market – M2M Research Series 2016 - Berg Insight

Los tres principales vendedores de módulos M2M poseen un 71% de la cuota de mercado, con lo que se puede considerar el mercado de módulos M2M como un mercado poco fraccionado.

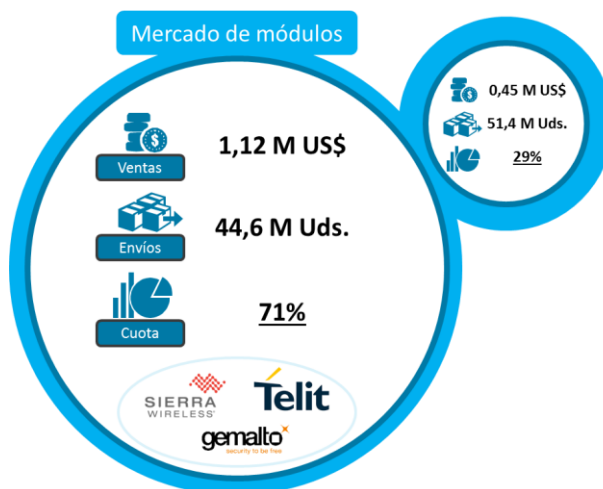


Figura 10. Mercado de módulos M2M²²

En cuanto al mercado de terminales, según Berg Insight, los envíos de terminales M2M alcanzarán la cifra de 13,7 millones de unidades en 2022²³ y el valor total de mercado se situó en 549 millones de USD.

Cabe destacar que el mercado de terminales M2M es un mercado mucho más fraccionado que el mercado de módulos, debido a que los tres principales proveedores (SIMCom, cradlepoint y Sierra Wireless) solo cuenta con el 42% de cuota de mercado.

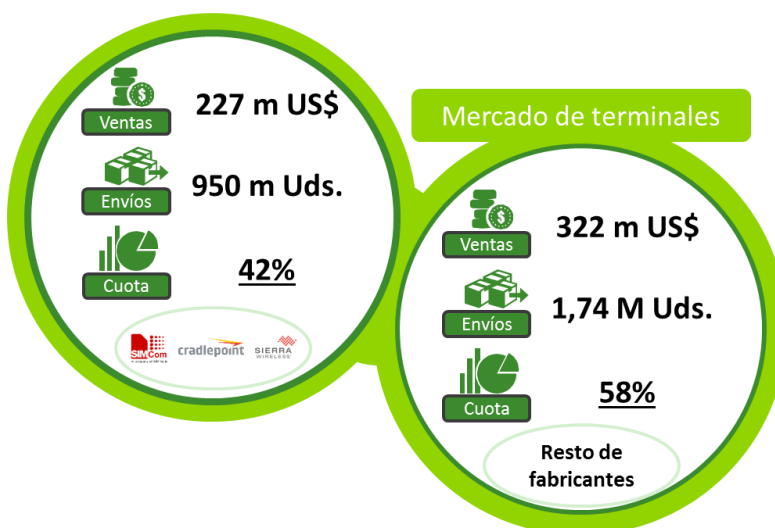


Figura 11. Mercado de terminales M2M²⁴

²² Fuente: The Global M2M/IoT Terminal Market – M2M Research Series 2016 - Berg Insight

²³ Fuente: <https://www.businesswire.com/news/home/20180102005273/en/Global-M2MIoT-Terminal-Market---Shipments-Cellular>

²⁴ Fuente: The Global M2M/IoT Terminal Market – M2M Research Series 2016 - Berg Insight

En cuanto a la proyección de ambos mercados, Berg Insight augura un continuo crecimiento para ambos. Los envíos de dispositivos M2M han crecido en un 23,3% en 2015, situándose en un nivel récord de 98,3 millones. Según Berg Insight, este crecimiento se mantendrá en 2016 ya que las unidades suministradas de dispositivos IoT están destinados a crecer, hasta el año 2020, con una tasa CAGR del 19.5%, lo que les llevaría a situarse en 239,7 millones de unidades.

En cuanto a los diferentes mercados, el este de Asia, Norteamérica y el oeste de Europa fueron los mercados geográficos más importantes en el año 2015, aglutinando un 75% del porcentaje de demanda total. Estas tres zonas presentan una cuota de mercado similar, y según Berg Insight, dicha cuota se mantendrá estable durante los próximos 4 años.

Los mercados emergentes presentan cuotas bajas dentro del mercado mundial de dispositivos M2M. Excluyendo a China, el resto de mercados emergentes tan solo acapararon el 20% de los envíos en 2015. Para el año 2020 se espera una penetración de India en el mercado, así como un crecimiento gradual en el sur y sudeste de Asia, comenzando a alcanzar niveles bajos de madurez. En el resto de regiones, tanto las iniciativas regulatorias de los gobiernos, como el desarrollo económico de dichas regiones, serán piezas fundamentales para conocer la evolución del mercado.

Millones	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Europa	20,0	28,7	40,0	52,0	58,2	63,3	68,9
Oeste de Europa	16,5	23,6	32,8	41,3	46,3	49,9	53,9
Europa central y del este	1,4	2,0	2,8	3,6	4,1	4,4	4,7
Rusia & CIS	2,1	3,2	4,4	7,0	7,8	9,0	10,3
Américas	22,2	25,6	32,8	39,4	45,3	53,0	61,6
Norteamérica	16,0	18,3	21,4	26,1	29,8	34,5	40,0
América Latina	6,2	7,4	11,4	13,3	15,6	18,6	21,6
Asia-Pacífico	33,2	38,4	43,8	52,2	63,5	74,4	86,3
Este de Asia	28,1	32,6	36,9	43,7	52,2	59,6	67,9
Sudeste de Asia	2,3	2,7	3,4	4,3	5,3	6,4	7,3
Sur de Asia	1,7	1,7	2,0	2,4	3,8	5,9	8,3
Australia y Oceanía	1,2	1,3	1,5	1,8	2,2	2,5	2,8
Medio Este & África	4,3	5,6	7,3	9,6	12,7	17,0	23,0
Medio Este	2,4	3,0	4,0	5,1	6,7	9,0	12,2
África	1,8	2,6	3,3	4,5	6,0	8,0	10,8
Todas las regiones	79,7	98,3	123,9	153,2	179,8	207,8	239,7
CAGR	17%	23%	26%	24%	17%	16%	15%

Tabla 2. Previsión de la evolución de los envíos de dispositivos IoT por región²⁵

En cuanto al mercado de terminales M2M, las regiones de las Américas y Asia-Pacífico son los mayores mercados en cuanto a unidades enviadas. Berg Insight estima que se vendieron aproximadamente 950.000 terminales en cada una de estas regiones. China es el mayor mercado en Asia. Norte América cuenta con la mayoría de unidades vendidas en la región de las

²⁵ Fuente: The Global M2M/IoT Terminal Market – M2M Research Series 2016 - Berg Insight

Américas, pero Brasil y México también son mercados significativos, en cuanto a número de terminales vendidos. En cuanto a ganancias, la región de las Américas es el mayor mercado presentando unas ganancias de 265 millones de USD, muy por delante de la región de Asia-Pacífico con 140 millones de USD. El resto de regiones están aún muy limitadas.

El precio de los terminales vendidos en la región de Asia-Pacífico ronda los 150 USD, debido fundamentalmente a que el mayor peso de estas ventas reside en los módems. En la región de las Américas el precio medio por terminal es superior a los 300 USD, mientras que en Europa el precio medio ronda los 200 USD.

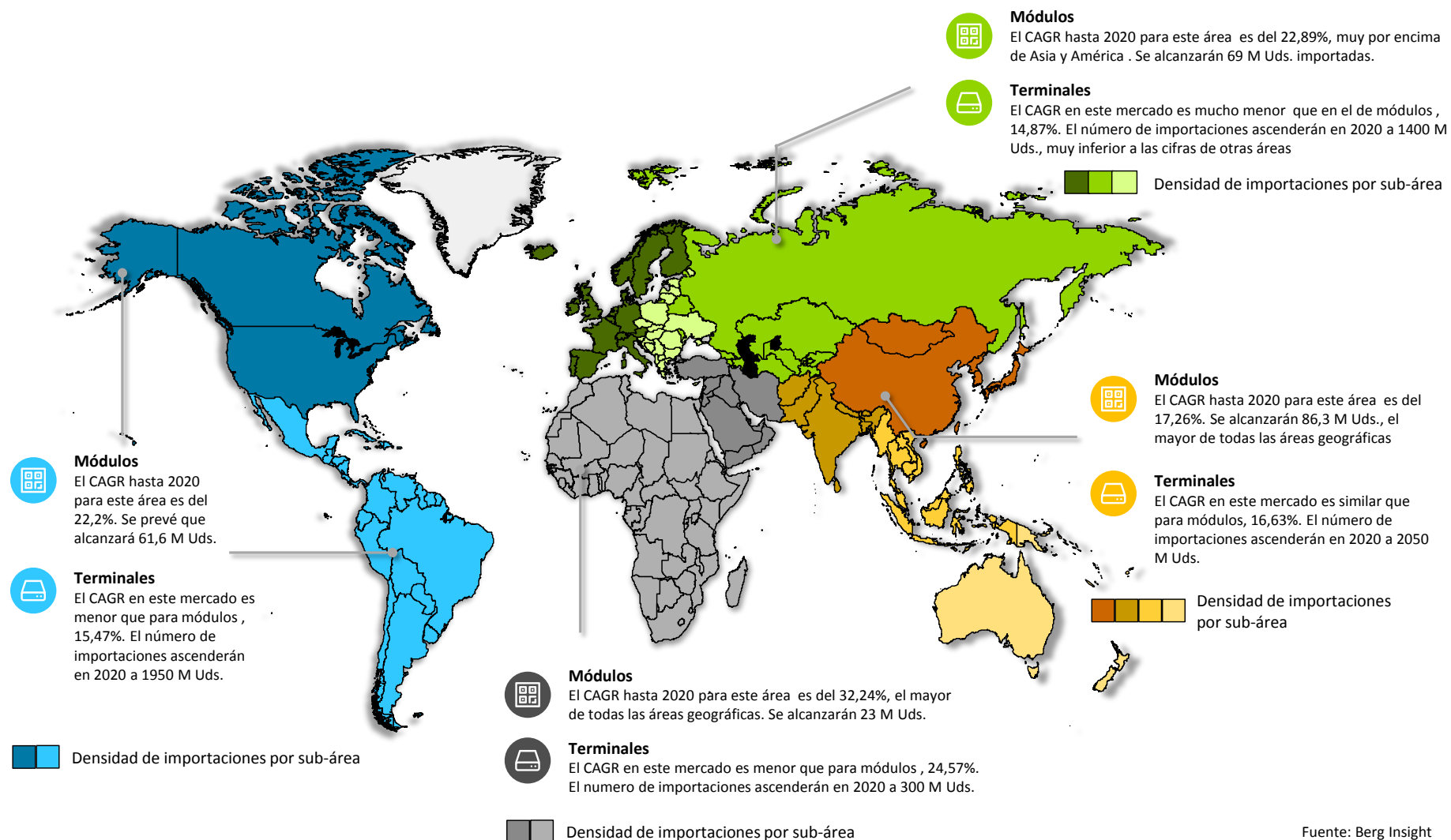
Millares	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Europa	700	810	930	1.070	1.220	1.400
Américas	950	1.100	1.290	1.490	1.710	1.950
Asia-Pacífico	950	1.120	1.330	1.560	1.790	2.050
Medio Este & África	100	120	150	180	230	300
Todas las regiones	2.700	3.150	3.700	4.300	4.950	5.700
CAGR	N/A	26%	24%	17%	16%	15%

Tabla 3. Previsión de la evolución de los envíos de terminales IoT celulares por región²⁶

Según Berg Insight, el crecimiento del mercado de routers, gateways y módems será estable hasta 2020. El mercado global está llamado a crecer con un CAGR del 16,1% anualmente, alcanzando los 5,7 millones de envíos en 2020. Asia-Pacífico crecerá con un CAGR del 16,6% y la región de las Américas a un 15,5%, tal y como se muestra en la figura a continuación.

Por último, para hacer una previsión acertada es necesario tener en cuenta los factores macroeconómicos, el precio de la energía y la viabilidad de las compañías de petróleo y gas, son aspectos fundamentales para conocer la evolución del IoT en las diferentes regiones. Muchas de estas empresas están o han experimentado dificultades económicas que afectan a la voluntad de invertir en nuevas tecnologías. Siendo este hecho de especial relevancia, pues las industrias del petróleo y el gas son un importante target del mercado por la importancia de la automatización.

²⁶ Fuente: The Global M2M/IoT Terminal Market – M2M Research Series 2016 - Berg Insight



Fuente: Berg Insight

Figura 12. Previsión de los mercados de hardware por área

SENSORES Y FACTORES QUE IMPULSAN LA ADOPCIÓN DENTRO DE IoT

Los sensores son los dispositivos más utilizados en la arquitectura de soluciones IoT, como se ha visto anteriormente, los sensores necesitan chips, módulos, fuentes, etc.; para funcionar. Un sensor es un dispositivo que genera una señal electrónica cuando se da una condición física o un evento.

Existe una gran gama de sensores, que se integran dentro de las soluciones IoT con el fin de recolectar y enviar la información necesaria para llevar a cabo el propósito de dicha solución. Algunos de estos sensores miden: posición, ocupación, velocidad, fuerza, presión, corriente, humedad, luz, radiación, temperatura, cambios químicos, niveles de sonido, etc.

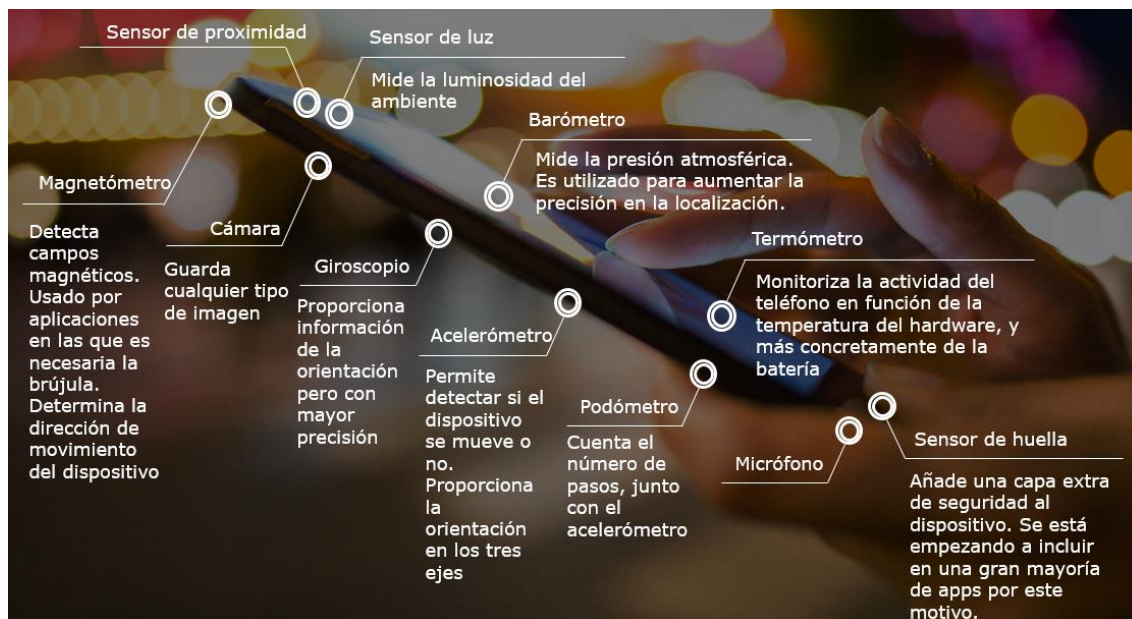


Figura 13. Sensores integrados en un teléfono móvil²⁷

En el desarrollo de la tecnología celular entran en juego tres factores principales: **precio, capacidades y tamaño**. A lo largo de los últimos años los sensores han disminuido su precio y su tamaño y aumentado significativamente sus capacidades. Esta tendencia impulsa el uso de sensores en un amplio rango de aplicaciones y, en consecuencia, favorece la evolución del ecosistema IoT.

El precio de los sensores ha caído a lo largo de los últimos años y tiene previsión de seguir haciéndolo. Como ejemplo, el precio de un acelerómetro en 2015 estaba en torno a 0,40 USD, mientras que en el año 2006 ascendía hasta los 2 USD. Los sensores difieren mucho en su precio, en función de su tipología.

²⁷ Fuente: Análisis de Deloitte

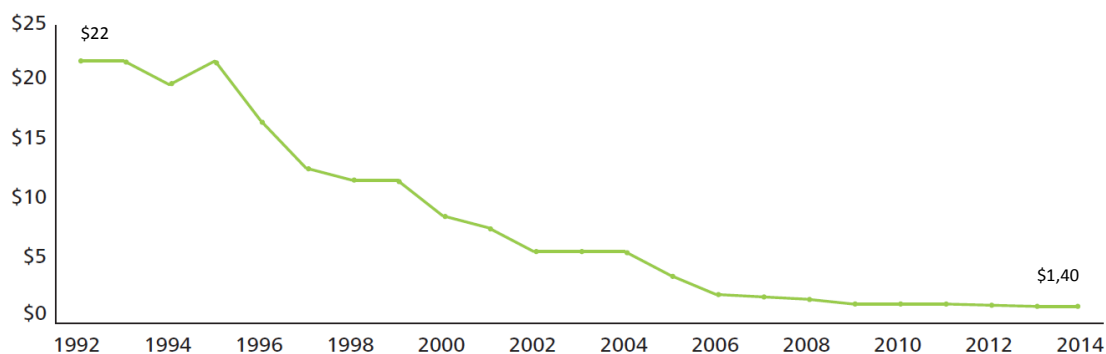


Figura 14. Tendencia en los precios de los sensores durante los últimos años²⁸

La inteligencia de los sensores es otro de los factores que, debido a su evolución, supone un impulso del ecosistema IoT. A lo largo de las dos últimas décadas la capacidad computacional de los microprocesadores se ha doblado cada tres años.

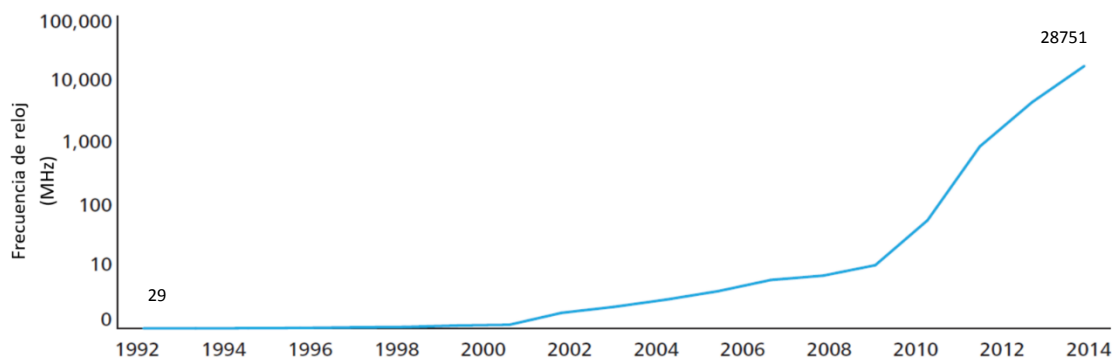


Figura 15. Evolución de la frecuencia de reloj de los microprocesadores²⁹

Por último, la evolución del tamaño de los sensores es otro factor determinante para el crecimiento del entorno IoT. Los sensores son cada vez más pequeños, con lo que su integración en dispositivos, como teléfonos móviles, cada vez es mayor. Si bien es cierto que los factores, destacados anteriormente, impulsan el desarrollo de soluciones IoT, aún existen retos a superar en el ámbito de los sensores. El consumo de potencia, la seguridad y la interoperabilidad son desafíos que están en vías de superarse (ya existen soluciones al respecto) y una vez lo hagan, supondrán otro impulso en el crecimiento del entorno IoT.

2.1.2 Redes de comunicaciones

El crecimiento del ecosistema IoT durante los últimos años viene acompañado de la aparición de un gran número de soluciones. Cada solución IoT se sustenta sobre un tipo de red de comunicaciones, en función de los requerimientos y la arquitectura de la misma. De esta forma, podemos asociar distintos tipos de soluciones a distintas tecnologías de conectividad.

²⁸ Inside the Internet of Things (IoT), Deloitte University Press 2015

²⁹ Inside the Internet of Things (IoT), Deloitte University Press 2015

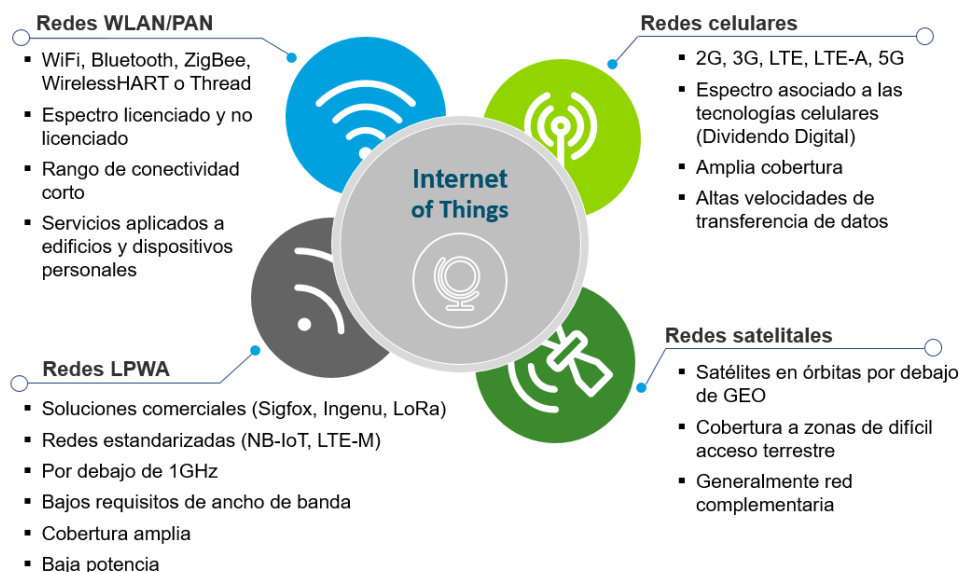


Figura 16. Redes de comunicaciones capaces de sustentar soluciones IoT

La evolución de estas redes de comunicaciones a lo largo de los últimos años, han impulsado el desarrollo del entorno IoT. Los factores, relacionados con las redes, que han hecho posible la adopción de soluciones IoT, son:

- **Aumento de la tasa de transferencia de datos:** En los últimos 30 años, se ha incrementado desde los 2Kbps hasta 1Gbps.

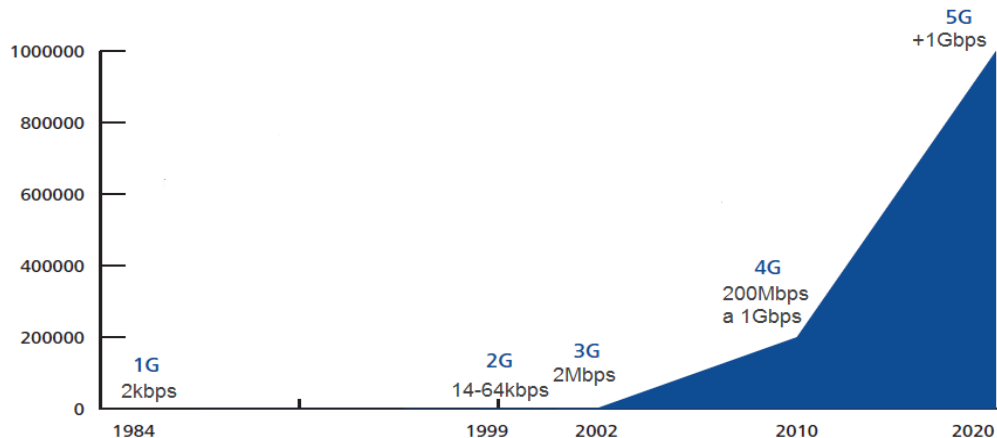


Figura 17. Evolución de la tasa de transferencia de datos en tecnologías celulares³⁰

- **Disminución del precio de tránsito por Internet:** Entendido como el precio a pagar por los proveedores de servicios para transferir datos de un punto de la red a otro. Estos precios han disminuido en los últimos años debido a los desarrollos tecnológicos (cables submarinos, mayor capacidad de las redes, técnicas de multiplexación, etc.). En 2003, transferir 1Mbps en Estados Unidos costaba 120 USD, el precio se redujo hasta 0,63 USD en 2015.

³⁰ Inside the Internet of Things (IoT), Deloitte University Press 2015

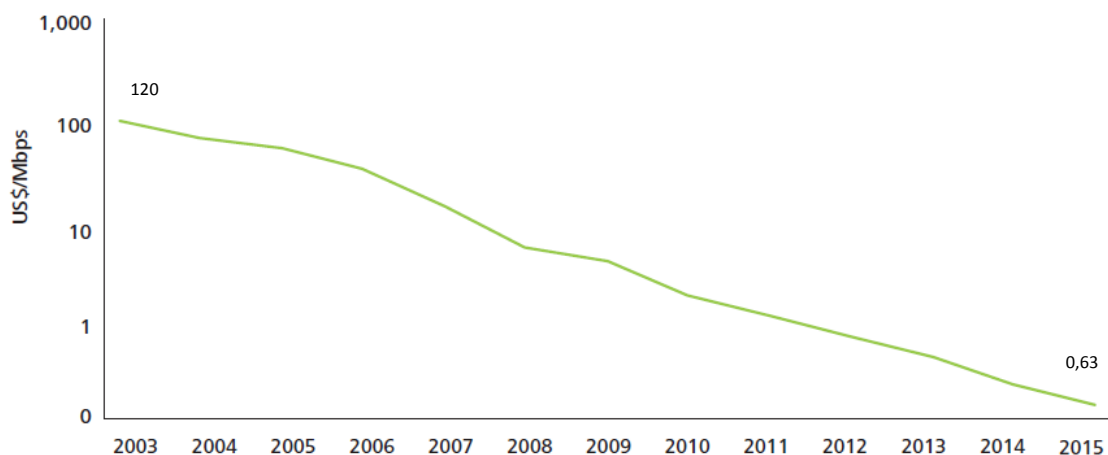


Figura 18. Evolución del precio de tránsito de Internet en Estados Unidos³¹

- **Incremento de la eficiencia en potencia:** Representa un factor íntimamente relacionado con el número de dispositivos conectados. Todas las redes que sustentan servicios IoT han mejorado su eficiencia en los últimos años. Bluetooth Low Energy necesita la mitad de potencia para enviar un bit que Bluetooth Classic.
- **Adopción de IPv6:** Se estima que en 2020 un 50% de los dispositivos fijos y móviles estén basados en IPv6, lo cual representa un paso en firme hacia la estandarización necesaria para el crecimiento del entorno IoT. Esta adopción posibilitará que un número mayor de direcciones estén disponibles, aumentando así que el número de dispositivos a ser conectados crezca.

Si bien es cierto, que las redes, presentadas anteriormente, se adaptan a algunos de los requerimientos del IoT, y han evolucionado permitiendo su utilización en este tipo de soluciones, aún tienen retos a superar por delante, en los que los diferentes actores del ecosistema IoT trabajan. La gestión de un número muy elevado de dispositivos, la penetración de las redes en países en vías de desarrollo, la seguridad, o la adecuación de la potencia a dispositivos que requieren una larga vida a sus baterías; son algunos de los aspectos en los que, actualmente, se trabaja y supondrán otro impulso en la evolución del IoT.

REDES WLAN/PAN

Según Berg Insight³², las redes WLAN y WPAN constituyen las principales plataformas para la creación de soluciones IoT que no requieren un largo alcance, como es el caso de los servicios aplicados a edificios y dispositivos personales.

³¹ Fuente: Ibidem

³² Fuente: Wireless IoT Connectivity Technologies and Markets – M2M Research Series 2015 - Berg Insight

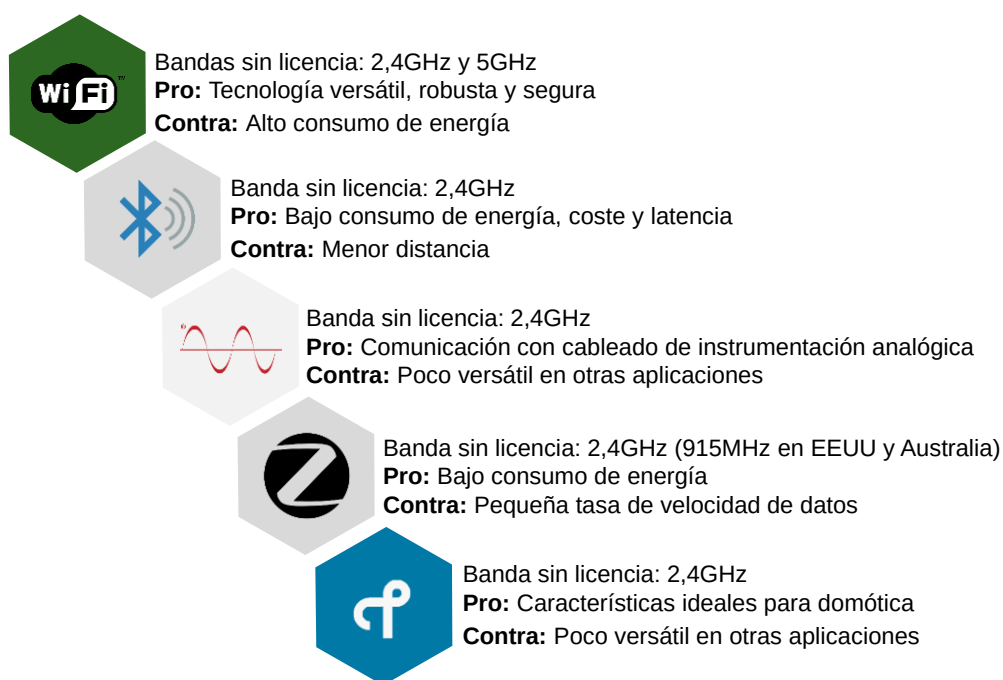


Figura 19. Tecnologías WLAN/WPAN

Algunas de las tecnologías que se emplean para dar conectividad a este tipo de soluciones son ampliamente conocidas:

- **Wi-Fi:** Esta tecnología de área local inalámbrica, la más extendida en el mundo, permite a un dispositivo participar en una red mediante la utilización de las bandas de frecuencia sin licencia de 2,4GHz y 5GHz. La tecnología Wi-Fi convencional es la más adecuada para servicios IoT que requieren una infraestructura segura y robusta en aplicaciones particulares como edificios y fábricas. Sin embargo, las redes Wi-Fi presentan algunas limitaciones que resultan una barrera para la adopción de algunas aplicaciones IoT, como el consumo de energía. Si bien es cierto que con el reciente estándar IEEE 802.11ah, se ha ampliado el alcance y se ha reducido el consumo de energía, estos factores continúan siendo limitantes para algunos servicios IoT.
- **Bluetooth:** Es un estándar tecnológico para el intercambio de datos a distancias cortas, mediante la utilización de la banda de frecuencia sin licencia de 2,4GHz y la creación de redes PAN. A diferencia del Wi-Fi, esta tecnología está optimizada para reducir las tasas de transferencia de datos y el consumo de energía. El subconjunto de la norma Bluetooth Smart, lanzado en 2010, está optimizado para reducir el consumo de energía, el coste y la latencia; siendo, de esta manera, especialmente interesante para aplicaciones IoT que requieran una larga vida útil de sus dispositivos, una respuesta rápida de los mismos y un corto radio de cobertura. Además, las recientes especificaciones de Bluetooth 4.1 y 4.2 han añadido soporte completo para el protocolo IPv6, lo que añade la compatibilidad con la infraestructura IP para la gestión de la solución IoT. Algunas aplicaciones IoT que se sustentan sobre redes Bluetooth son aquellas relacionadas con: dispositivos de asistencia sanitaria, fitness, faros y seguridad.

- **ZigBee**: Es un estándar global abierto utilizable en soluciones IoT de monitorización inalámbrica. ZigBee opera en las bandas de 915MHz en Estados Unidos y Australia y 2,4GHz en el resto del mundo. La especificación ZigBee 3.0 puede dar conectividad a aplicaciones IoT de control o monitorización que requieran un bajo consumo, como puede ser el control de medidores de energía, de niveles de iluminación o de otra serie de dispositivos integrados en edificios inteligentes.
- **WirelessHART**: Es una tecnología de redes de sensores inalámbricos basada en HART (Highway Remote Transducer Protocol) diseñada para funcionar en la banda de 2,4GHz. HART es uno de los protocolos industriales más populares en la actualidad, ya que es capaz de comunicarse con el cableado de instrumentación analógica de 4-20mA, sobre el que aún se sustentan muchos sistemas en la actualidad. La compatibilidad hacia atrás con la capa de usuario HART permite la adaptación transparente de sistemas de control compatibles con HART y herramientas de configuración para integrar nuevas redes inalámbricas y sus dispositivos, lo cual resulta interesante para aplicaciones IoT sobre sistemas que aún dispongan del antiguo cableado de instrumentación analógica.
- **Thread**: Es una tecnología de red malla inalámbrica, nacida en 2014, con el objetivo de proporcionar la mejor manera de conectar y controlar dispositivos en el hogar. Thread es una tecnología de bajo consumo, construida sobre estándares existentes como IEEE 802.15.4, 6LoWPAN e IPv6. Las empresas que conforman Thread Group, organización lanzadora de la tecnología, tiene el objetivo de que ésta permita la conexión de todo tipo de dispositivos domésticos, permitiendo una gran gama de aplicaciones IoT, como pueden ser: inteligencia en los electrodomésticos, control de acceso, control climático, gestión de energía, iluminación o seguridad, entre otras.
- **Otras tecnologías**: Z-Wave, para aplicaciones de control remoto en entornos residenciales; ULE (Ultra Low Energy), estándar para comunicaciones telefónicas inalámbricas residenciales y comerciales en todo el mundo y DSRC (Dedicated Short-Range Communications), un conjunto de normas internacionales para la comunicación entre vehículos y equipos de carretera como parte de sistemas inteligentes de tráfico (ITS); son otras tecnologías de área local capaces de proveer conectividad dentro del ecosistema IoT.

REDES LPWA

Las redes LPWA (Low Power Wide Area) surgen como soluciones de conectividad para aplicaciones IoT que requieren:

- **Bajo coste**: debido al gran número de dispositivos conectados se requieren soluciones de mayor simplicidad y menor coste.
- **Bajo consumo**: con el objetivo de que la vida de la batería de los dispositivos y debido al tipo de datos generados, las redes deben funcionar a bajas potencias dotando de altas velocidad de transmisión que minimicen la latencia.
- **Alto alcance**: la localización de los dispositivos, como sótanos o lugares remotos, así como la gran cantidad de dispositivos que se desplegarán demanda que las redes tengan un gran alcance.

- **Seguridad:** dotar de una conectividad segura con autenticación de ID de usuario es fundamental para el correcto funcionamiento de los dispositivos.



Figura 20. Comparación de redes clásicas con nuevas redes LPWAN

Hoy en día existen dos formas principales de redes LPWA: las soluciones propietarias o comerciales y las redes basadas en el estándar 3GPP.

Soluciones propietarias IoT

Sigfox, Ingenu y Lora son algunas de las soluciones comerciales, desarrolladas por empresas privadas o asociaciones de empresas, que ya se han probado con éxito y se encuentran en funcionamiento en diferentes regiones.

- **Sigfox:** implementada por la empresa francesa del mismo nombre es una solución comercial End-To-End para aplicaciones IoT y M2M muy extendida. Actualmente se encuentra en funcionamiento en Europa y en proceso de despliegue en América y Oceanía. Técnicamente es muy completa ofreciendo soluciones de baja velocidad y contando con un ancho de banda de 100 KHz que permite 50K conexiones por celda.
- **Ingenu:** la californiana empresa homónima es la desarrolladora de esta solución que se encuentra ya en funcionamiento en EEUU. Utiliza tecnología RPMA (Random Phase Multiple Access) la cual permite conexiones de largo alcance sobre banda no licenciada, con anchos de banda de 1MHz y 500K conexiones por celda siendo los valores más altos de las distintas soluciones analizadas.
- **LoRa:** este estándar ha sido desarrollado por asociación de empresas a través de redes LPWA para aplicaciones IoT, M2M y *Smart Cities*. Tiene un ancho de banda de 125KHz que permite 40K conexiones por celda. Su presencia es la más extendida entre las soluciones analizadas ya que cuenta con despliegues en Holanda, Bélgica, Francia, Italia, Alemania, EEUU, Oceanía, Japón, India, Corea del Sur y Sudáfrica.

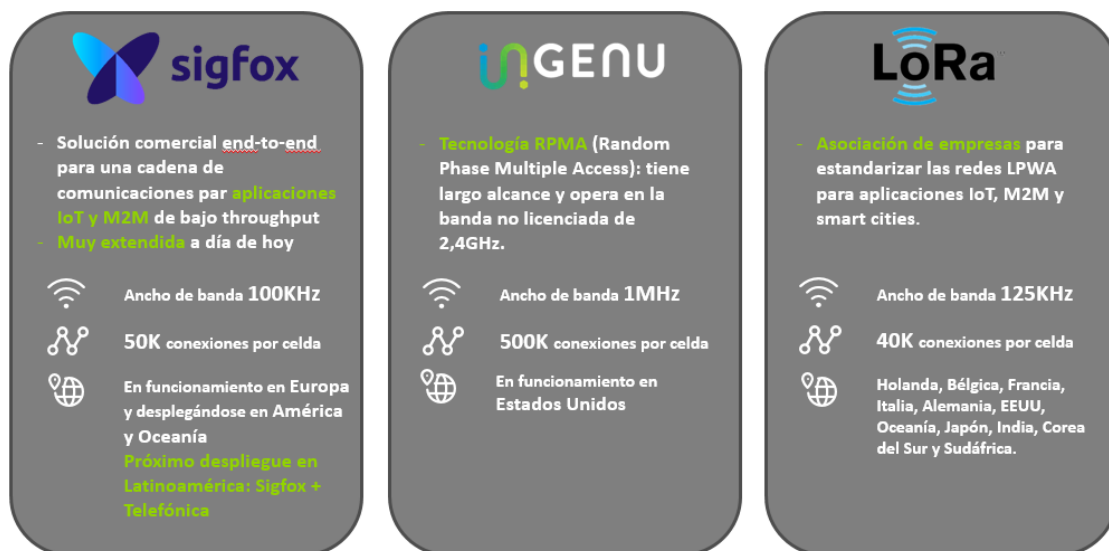


Figura 21. Soluciones comerciales LPWAN para IoT³³

Redes basadas en el estándar 3GPP

Según GSA³⁴, desde febrero de 2017 el compromiso de la industria móvil con los estándares 3GPP basados en las tecnologías Low Power Wireless Access (LPWA) se ha hecho realidad con el lanzamiento comercial de las redes NB-IoT/Cat-NB1 y LTE-M/Cat-M1. Estas tecnologías se han convertido en dominantes a nivel global y serán capaces de soportar el gran crecimiento del mercado IoT. A diferencia de las comerciales, las soluciones estandarizadas funcionan sobre bandas licenciadas y están apoyadas por grandes operadores a nivel mundial.

- LTE-M:** esta tecnología permite reutilizar las estaciones bases LTE, ya que con una simple actualización de software se podrá proporcionar este servicio. Cuenta con un ancho de banda de 1,4 MHz, con lo que dispondrá de mejor cobertura que con NB-IoT permitiendo que la batería de los dispositivos dure más de 10 años. Operadoras y compañías de perfil internacional, como AT&T, Singtel, Telefónica, China Mobile, América Móvil, Telecom Italia, Huawei, Telia Sonera o Huawei, están impulsando el crecimiento de esta tecnología.
- NB-IoT:** como sucede con LTE-M se puede proporcionar en las estaciones bases LTE existentes reduciendo significativamente los costes de despliegue. Cuenta con un ancho de banda de 200 KHz proporcionando un gran radio de cobertura y buena penetración en interiores, que permite 50K conexiones por celda. La batería de los dispositivos, como sucedía bajo LTE-M, dura más de 10 años. En el estándar NB-IoT están invirtiendo actualmente compañías como Huawei, Vodafone, Ericsson, América Móvil o Telefónica, con el objetivo de lanzar cuanto antes la tecnología en Europa y América Latina. Además, LTE-M recibe el apoyo internacional de operadoras como Deutsche Telekom, Telia, China Telecom y Telecom Italia.

³³ Elaboración propia en base a información pública

³⁴ Fuente: Evolution to NB-IoT and LTE-M – Agosto 2017 - GSA

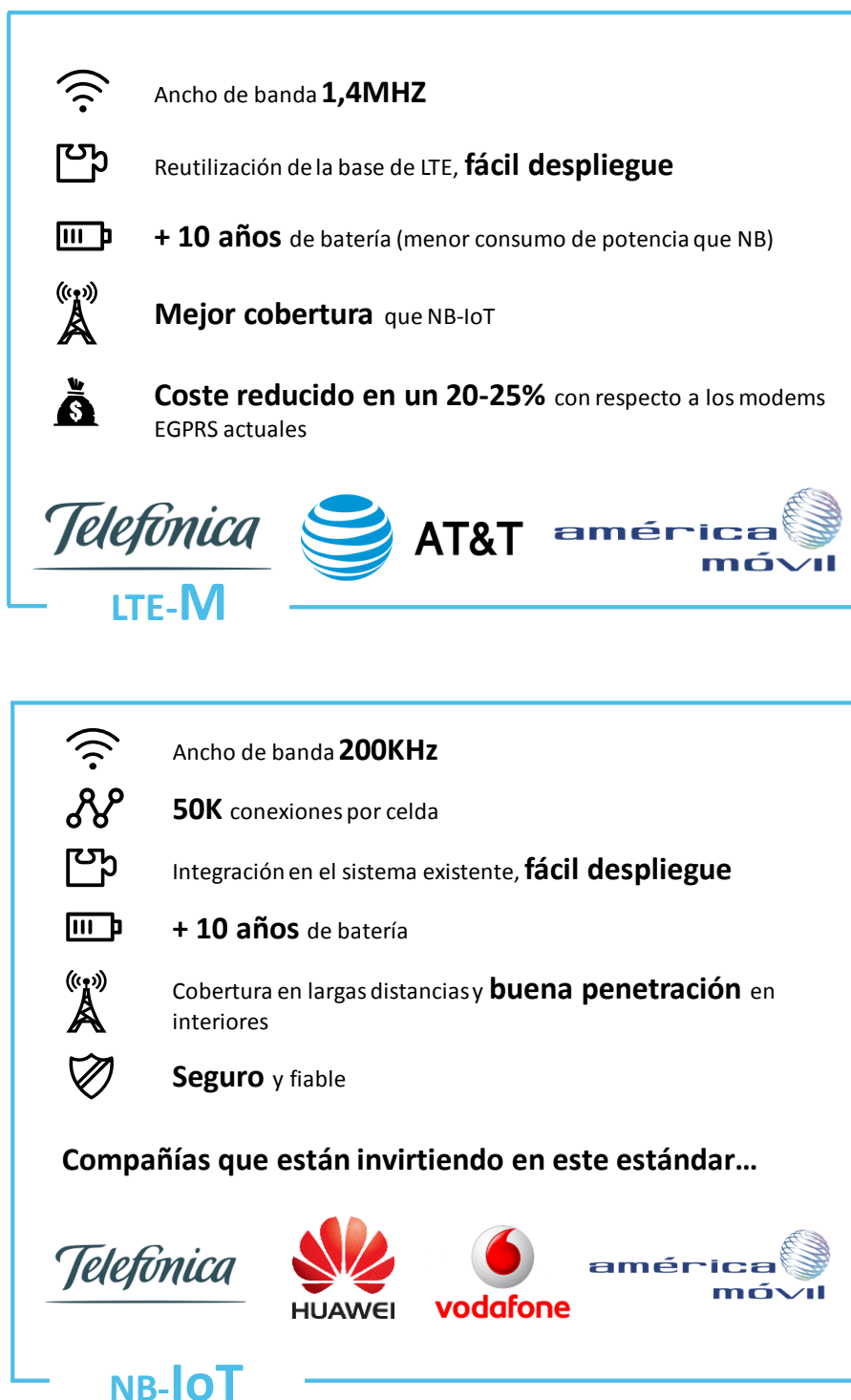


Figura 22. Características de las redes LTE-M y NB-IoT

Existen divergencias en cuanto a las redes LPWA en función de las diferentes regiones en las que se despliegan. En Estados Unidos la tecnología dominante es LTE-M, mientras que en Europa y Asia la primera tecnología desplegada ha sido NB-IoT, el desarrollo de LTE-M ha sido posterior.

Actualmente, hasta 10 operadoras han lanzado servicios LPWA IoT basados en los estándares 3GPP. 8 operadoras han comercializado redes NB-IoT y 3 ya han comercializado redes LTE-

M/Cat-1 (LTE-M Categoría 1). A continuación, se citarán algunas de las implantaciones realizadas con mayor impacto: Vodafone ha conseguido cobertura total en Holanda con una solución NB-IoT, Verizon ha cubierto 2,4 millones de millas cuadradas con una red LTE-M/Cat-1, Deutsche Telekom ha desplegado una red NB-IoT sobre la ciudad de Hamburgo y China Unicom ha desplegado redes IoT en hasta 5 ciudades chinas.

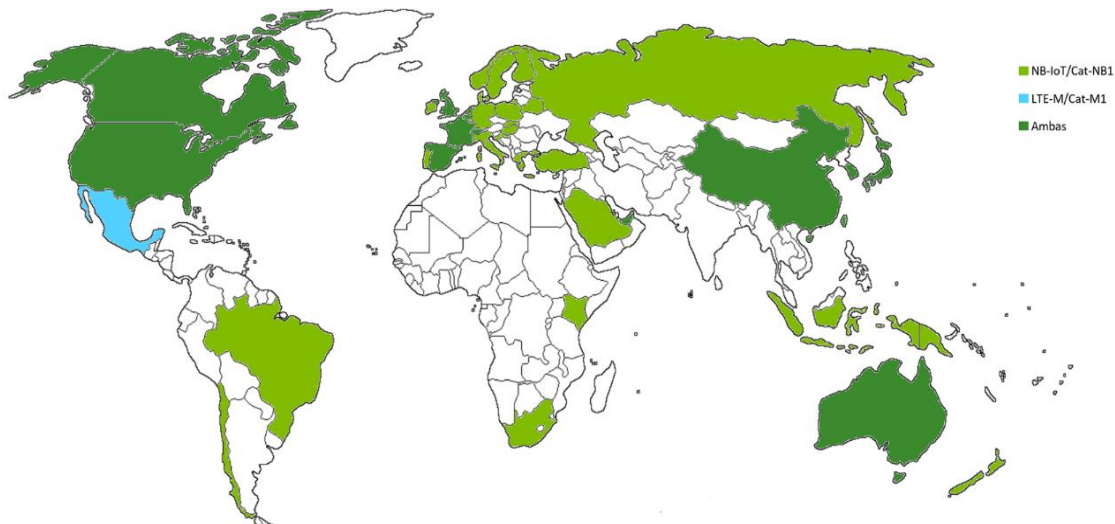


Figura 23. Países en los que se han desplegado, hay plan de despliegue o se han realizado pruebas con redes LPWA IoT³⁵

Se ha planificado el despliegue de 16 redes LTE-M/Cat-1 y NB-IoT/Cat-1 para 2017 y 2018 en países como: Bélgica, Canadá, Japón o México, entre otros.

Los operadores continúan realizando pruebas por todo el mundo. Desde febrero de 2017 se han notificado 13 pruebas de redes IoT en 11 países diferentes. Algunas pruebas de aplicación incluyen: ciudades inteligentes, parkings inteligentes o mediciones de electricidad.

Debido al rápido desarrollo de las redes LTE-M/Cat-1 y NB-IoT/Cat-1, el mercado de chips, módulos y dispositivos que se adecuen a estas redes ha crecido muy rápidamente. En febrero de 2017, según GSA que toma los datos de la base de datos de GAMBoD, estaban registrados: 14 módulos que soportaban NB-IoT, 20 módulos que soportaban LTE-M y 16 módulos que soportaban ambas tecnologías, además de 12 chips que soportaban alguna de las tecnologías anteriores.

Implantaciones y casos en desarrollo en los países de interés

El crecimiento del ecosistema IoT se ha extendido por todas las regiones del mundo. La región de América Latina ya cuenta con varios planes de implantación de redes NB-IoT y LTE-M para finales de 2017 y 2018.

³⁵ Fuente: Evolution to NB-IoT and LTE-M – Agosto 2017 - GSA

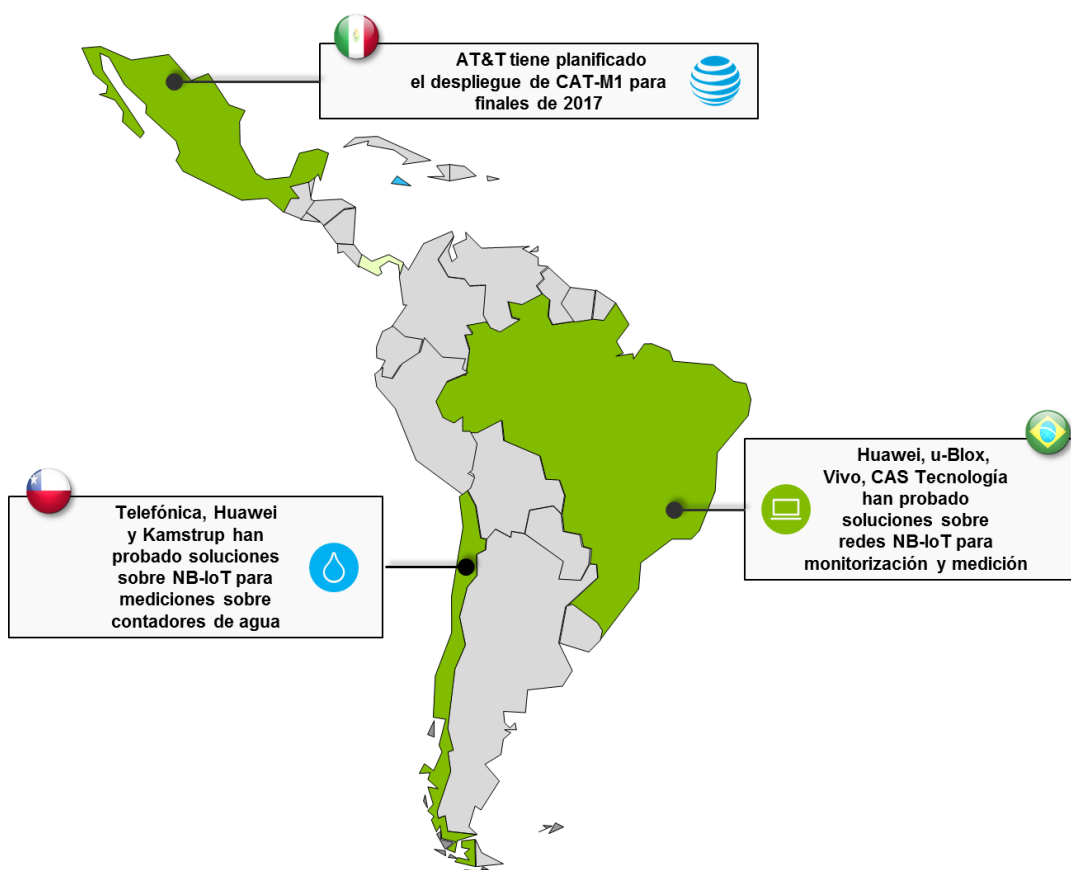


Figura 24. Implantaciones y planes de implantación de redes LTE-M y NB-IoT en LATAM³⁶

Éstas son las primeras implementaciones y aplicaciones probadas sobre redes NB-IoT y LTE-M en América Latina, pero dado el excepcional progreso del ecosistema IoT, se prevé una mayor penetración de este tipo de redes en toda la región.

REDES CELULARES

Las redes celulares representan una solución para conectar los componentes de aquellas aplicaciones IoT que tengan como requerimientos una gran cobertura y una alta velocidad en la transferencia de datos.

Si bien es cierto que las redes celulares 2G y 3G son capaces de proporcionar conectividad a aplicaciones IoT, y serán la base de las primeras soluciones IoT en los países de la región menos desarrollados tecnológicamente, este estudio se centrará en la tecnología LTE y sus sucesoras, haciendo especial hincapié en la futura tecnología 5G.



Figura 25. Redes de telecomunicación con enfoque en IoT

³⁶ Fuente: Evolution to NB-IoT and LTE-M – Agosto 2017 - GSA

Según GSA³⁷, a principios de julio de 2017 estaban contempladas 601 redes LTE por todo el mundo y se esperan hasta 652 redes LTE en servicio para finales de 2017. Estos datos sitúan el LTE como una tecnología extendida a nivel global. Las redes LTE ofrecen una amplia cobertura y una velocidad de descarga pico de alrededor de 150Mbps, lo cual resulta interesante para aplicaciones que requieran una comunicación inmediata a larga distancia.

En marzo de 2017 estaban implementadas 197 redes LTE-A en 96 países diferentes. El desarrollo de LTE-A y, más concretamente, de la agregación de portadoras, supone una mejora en términos de *throughput* en ambas direcciones, en la eficiencia en el uso del espectro y en la experiencia del usuario. En un periodo corto de tiempo, y según los nuevos anuncios de las operadoras, LTE-A se convertirá en una tecnología implementada a nivel global y mejorará las prestaciones, en términos de velocidad de descarga y cobertura, de aquellas aplicaciones IoT conectadas mediante redes móviles.

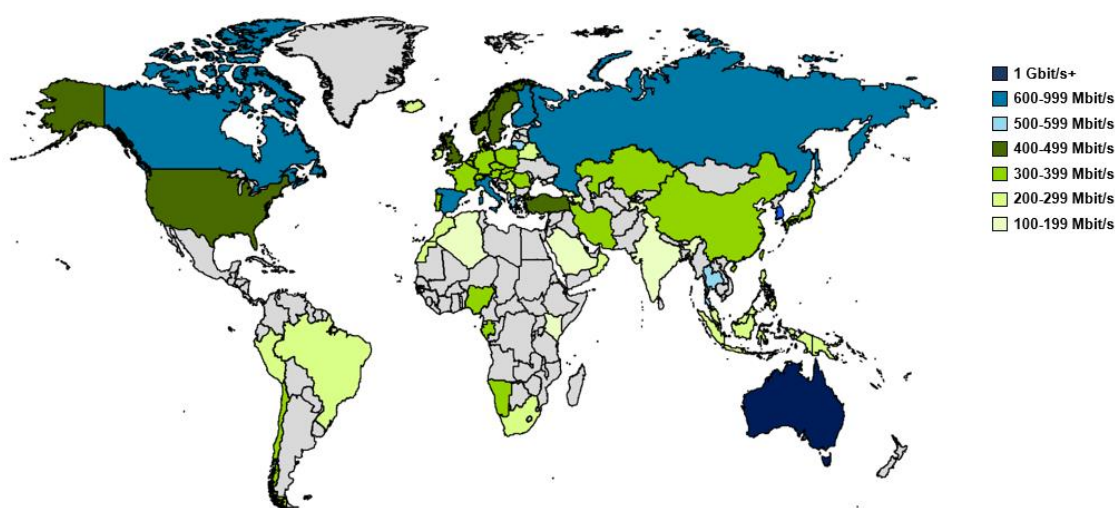


Figura 26. Redes LTE-A desplegadas en el mundo y sus tasas por países³⁸

La siguiente evolución de las redes LTE y, por tanto, el futuro de las redes móviles es el 5G. Durante los primeros seis meses de 2017 se han identificado 36 operadoras que han anunciado pruebas o ensayos con tecnología 5G. Al menos, 22 operadores han hecho público su compromiso de desplegar 5G o pre-estándares de 5G en 16 países.

En la siguiente figura se pueden observar las fechas previstas por las distintas operadoras para el lanzamiento de 5G en distintos países.

América Móvil ha anunciado el despliegue de red 5G en México para el año 2020³⁹, situando este país como uno de los primeros en la región en disponer de esta tecnología.

³⁷ Fuente: Evolution from LTE to 5G – Julio 2017 - GSA

³⁸ Fuente: Evolution from LTE to 5G – Julio 2017 - GSA

³⁹ Fuente: <https://www.elsoldemexico.com.mx/finanzas/tecnologia/americamovil-anuncia-red-4.5g-para-finales-del-2017-y-5g-en-2020-145843.html>

Otro de los principales operadores que actúan en la región, Millicom, ha anunciado pruebas de tecnología 5G en Colombia. Si bien es cierto que no se ha dado una fecha oficial para la implantación de la tecnología en dicho país, Tigo expresa su intención de implementar 5G tanto en Colombia, como en Centroamérica⁴⁰.

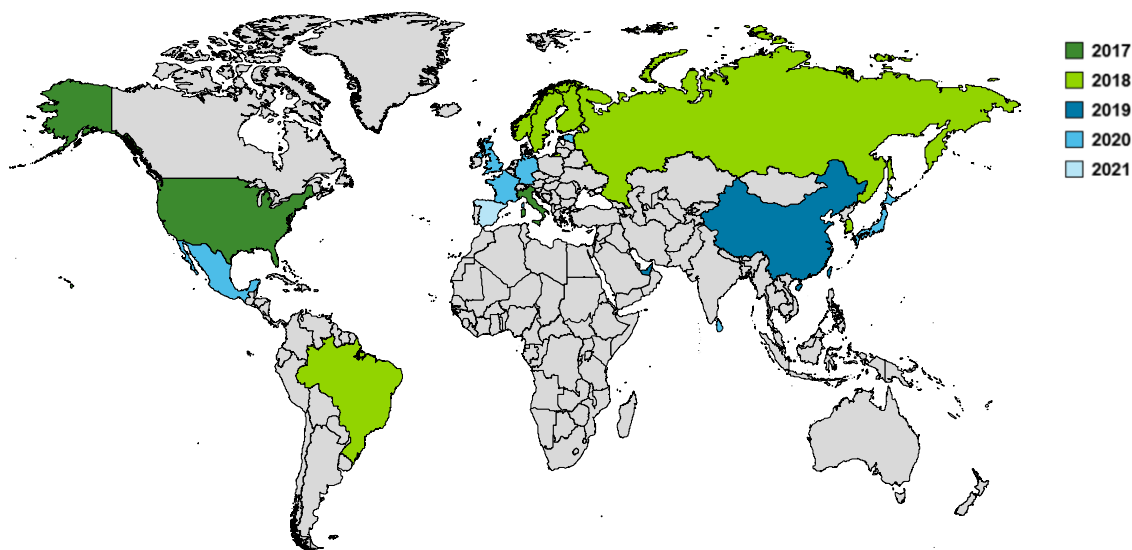


Figura 27. Previsión de redes 5G para 2021⁴¹

Ya es conocida la situación en la que se encuentra el 5G en la región, pero, ¿cómo afectarán estas nuevas redes 5G al IoT? El primer cambio sustancial reside en los dispositivos. Los terminales de usuario deberán encontrar un equilibrio entre el consumo de energía y la tasa de datos y desempeño de latencia.

Las redes 5G deberán soportar una cantidad importante de dispositivos IoT, potencialmente de unos pocos millones de dispositivos por kilómetro cuadrado. El consumo de energía ultra bajo que puede habilitar entre diez y quince años de vida útil de batería es una de las metas esperadas.

Otra dimensión de la evolución futura de las soluciones IoT sobre 5G implica el soporte de aplicaciones que exigen desempeño de latencia sumamente baja, ultra alta confiabilidad y un rango diverso de velocidades de transmisión de datos en paquetes de bajo a alto. Algunos ejemplos de aplicaciones de este tipo son: la automatización industrial, el campo de la salud móvil o la cirugía remota.

En definitiva, aún se necesita una gran cantidad de trabajo de investigación para explotar el verdadero potencial de las soluciones IoT basadas en tecnología celular de 5G. El desarrollo del 5G supone un avance no sólo a nivel de tecnologías inalámbricas o móviles, sino también a nivel de redes fijas. Los datos generados a través de microceldas, redes Wi-Fi y redes móviles tradicionales requerirán de redes de transporte de fibra capaces de absorber todo este tráfico.

⁴⁰ Fuente: <http://www.enter.co/cultura-digital/colombia-digital/tigoune-hara-pruebas-de-5g-en-colombia/>

⁴¹ Fuente: Evolution from LTE to 5G – Julio 2017 - GSA

REDES SATELITALES

Parece evidente que la gran proyección de crecimiento del ecosistema IoT transformará un gran número de mercados, entre ellos se encuentra el mercado satelital IoT. IoT UK⁴² estima que se alcanzarán los 5,8 millones de terminales M2M/IoT satelitales en 2023. Los datos del estudio de IoT UK⁴³ indican que este tipo de terminales generan 1,5 billones de USD anuales.

Las redes de corto alcance, las LPWAN y las redes celulares, ofrecen conectividad a la mayor parte de aplicaciones IoT, pero no alcanzan la cobertura proporcionada por las redes satelitales. Existen importantes áreas comerciales en la región de América Latina, aún sin cobertura terrestre u otras formas de conectividad. A su vez, determinadas soluciones especialmente asociadas al transporte de mercancías, tienen necesidades de cobertura regional o global imposibles de cubrir sólo con redes móviles.

Con los primeros indicios de desarrollo en algunos sectores económicos, pero con potencial mucho más allá de estos, la necesidad de mantener dispositivos permanentemente conectados independientemente de su localización convierte las redes de satélites en elementos clave para el desarrollo de soluciones IoT.

La utilización de enlaces satelitales para ofrecer conectividad en áreas remotas supone una gran oportunidad para el sector satelital, pero presenta un gran número de desafíos que aún se deben superar. La conexión de dispositivos mediante enlaces satelitales resulta costosa y requiere una gran potencia. La alta demanda de energía afecta a la capacidad y a la duración de la batería de los dispositivos, y ambos factores resultan claves en la mayor parte de aplicaciones IoT. Otro factor a tener en cuenta es el ancho de banda, ya que la proliferación de las grandes compañías de Internet dificulta el acceso a un mayor ancho de banda satelital por parte de las empresas, al ser el coste mucho mayor.

El sector se encuentra afrontando su propio momento de disrupción. Los satélites geoestacionarios están dando paso a otros cada vez más pequeños, especializados a la provisión de aplicaciones específicas. Las tecnologías de nano satélites facilitan la versatilidad y reducen el coste frente al concepto tradicional de satélites.

Este desarrollo posibilita al satélite competir frente a redes móviles en conectividad y desarrollo de soluciones basadas en el IoT. A su vez, hacer viable el desarrollo de soluciones IoT mediante comunicación por satélite abre el desarrollo del IoT, actualmente centrado en zonas ya desarrolladas con amplia cobertura de banda ancha, a zonas con menos recursos en la actualidad. La firma especializada en análisis de mercado, Obis Research, ha publicado recientemente un documento en el que estima que el mercado satelital para aplicaciones de IoT experimentará un crecimiento del 7% anual entre los años 2017 y 2021⁴⁴.

El desarrollo de aplicaciones y soluciones digitales en regiones rurales o aisladas tiene en muchos casos su principal limitante en la falta de infraestructura. Soluciones de coche conectado,

⁴² Fuente: Satellite Technologies for IoT Applications – Marzo 2017 – IoT UK

⁴³ Fuente: Satellite Technologies for IoT Applications – Marzo 2017 – IoT UK

⁴⁴ Fuente: Satellite Technologies for IoT Applications – Marzo 2017 – IoT UK

gestión de flotas o seguimiento del producto a lo largo de la cadena de valor no pueden implementarse en zonas sin disponibilidad de redes robustas de banda ancha. El uso de la red satelital puede convertirse en una alternativa.

En base a datos de GSMA⁴⁵, a finales de 2016, las redes 4G daban cobertura a un 60% de los latinoamericanos, si bien es cierto que se estima que esta cobertura crezca hasta el 80% a finales del año 2017, existen zonas rurales en las que, por sus características geográficas o socioeconómicas, resulta difícil una implantación de red celular de nueva generación.

Pese a las limitaciones en cuanto a precio y a gasto energético, el uso de satélites para IoT continúa siendo una solución viable en algunos escenarios, en los que el precio resulta asumible y las restricciones energéticas no son relevantes, debido a la posibilidad de recarga.

Proyección de mercado

NSR⁴⁶ estima 770.000 unidades de monitorización IoT en 2025, que se traducirán en unos beneficios de 220 Millones de USD. De acuerdo con las proyecciones, el satélite, cuya importancia se centra actualmente en el sector transporte y militar, adquirirá mayor relevancia en otras industrias relacionadas con servicios públicos, *utilities* y petróleo & gas.

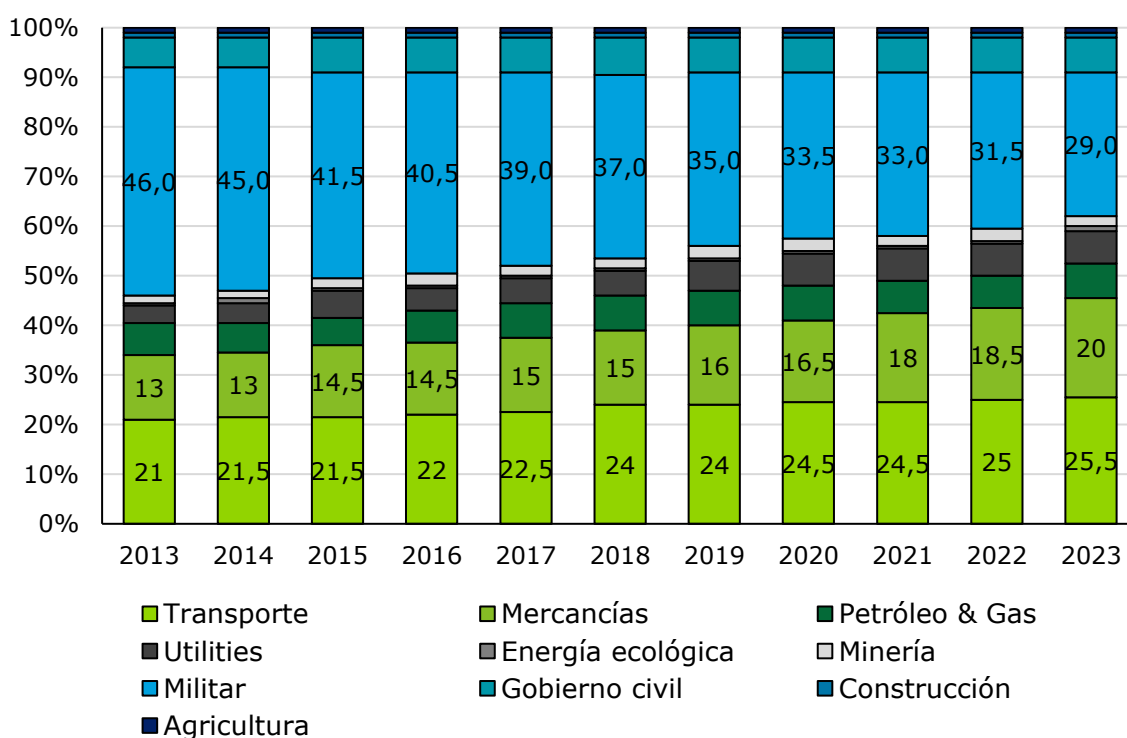


Figura 28. Mercado de las diferentes industrias de soluciones IoT vía satélite²³

⁴⁵ Fuente: LATAM Mobile Economy – Septiembre 2016 – GSMA : https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/200916_PRLatAm_MobileEconomy_SPA_final.pdf

⁴⁶ Fuente: IoT Disruption – 2017 – Satellite Evolution Group : <http://www.satelliteevolutiongroup.com/articles/IoT-Disruption-2017.pdf>

A continuación, se presentan algunas de las principales áreas de que podrían requerir la implementación de un enlace satelital⁴⁷ en sus soluciones IoT:

- **Agricultura:** Si bien los costes de capital han limitado el crecimiento de la producción agrícola en economías en desarrollo, el IoT está en posición de hacer frente a estas limitaciones. Las soluciones híbridas LPWAN-satélite parecen adecuadas para los usuarios que requieran cientos o miles de sensores o dispositivos conectados en áreas rurales. Vodafone junto con Inmarsat⁴⁸ provee el *backhaul* para dispositivos IoT en áreas remotas. Algunas compañías como Milk Smarts planean utilizar estos medios para implantar soluciones novedosas.
- **Ingeniería Civil:** La monitorización de proyectos en áreas remotas representa una oportunidad para el satélite IoT, especialmente en áreas con crecimiento poblacional como América Latina, África y Asia. Se estima que el mercado crezca un 25% anualmente hasta alcanzar los 3,4 billones de USD en 2022.
- **Telemedicina:** La expansión de servicios médicos a comunidades remotas en economías de desarrollo, representa otro área de implementación de soluciones satelitales IoT. En áreas que no disponen de conectividad celular, los datos médicos pueden ser agregados mediante una red VSAT.
- **Logística multimodal:** El transporte marítimo es fundamental para la economía mundial, *International Maritime Organization* estima que un 90% de los intercambios comerciales se llevan a cabo por mar. McKinsey estima que la monitorización de contenedores puede generar un impacto económico de 30 billones de USD anuales para 2025. La monitorización IoT puede incrementar las tasas de utilización entre un 10% y un 25%, lo que supondría una reducción de costes anuales de \$13 billones anuales en 2025. La utilización de satélites es la mejor opción para la conexión de los dispositivos IoT.

El análisis de mercado, a nivel regional, indica que América Latina (tercera región en ingresos en el año 2013) tiene previsión de triplicar sus ganancias en el periodo 2013 – 2023, situándose como segunda región por ingresos, superando a Europa. La gran importancia de la agricultura en el PIB de los principales países de América Latina, así como la gran cantidad de zonas rurales existentes y el crecimiento en el número de proyectos de categoría civil que se está produciendo en la región, convierten a América Latina en una región muy atractiva para la implementación de soluciones IoT que hagan uso de redes satelitales.

En cuanto al resto de regiones, el crecimiento más relevante en cuanto a cuota se espera en las regiones de Norte América, Medio Este o África y las regiones Oceánicas. Se prevé que Asia experimente el mayor crecimiento, en cuanto a ingresos, en el periodo de estudio:

⁴⁷ Fuente: Satellite Technologies for IoT Applications – Marzo 2017 – IoT UK

⁴⁸ Fuente: <https://www.inmarsat.com/service-group/m2m/>

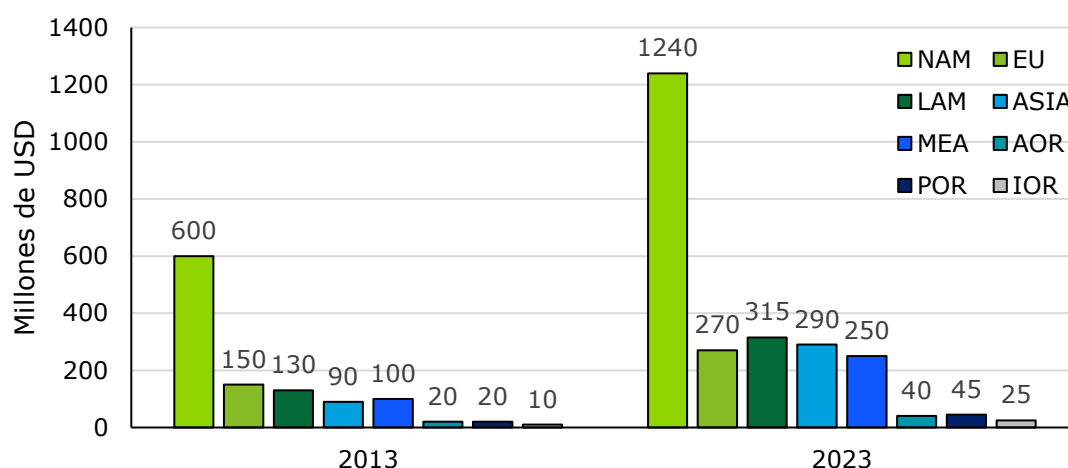


Figura 29. Mercado, por regiones, de satélite IoT (Millones de USD)⁴⁹

Desafíos de las tecnologías y factores de crecimiento

A continuación, se presentan algunos de los desafíos a superar por las soluciones satelitales IoT:

- Reducción de coste
- Reducción de consumo de energía y superar los 6 años de autonomía por dispositivo
- Disponibilidad global
- Seguridad: En términos de veracidad y privacidad del dato
- Redes dedicadas
- Integración continua de satélites a soluciones IoT
- Confiabilidad: La baja latencia de los servicios en banda L constituye una ventaja en aplicaciones de monitorización
- Velocidad: Para ser una solución atractiva en soluciones en tiempo real

El incremento de valor será liderado en mayor parte por las operadoras de red que manejan las redes terrestres. Las operadoras virtuales comprarán capacidad directamente a las operadoras de red. Los integradores de sistemas continuarán produciendo terminales y software IoT. Los proveedores de servicio también tendrán presencia, interactuando directamente con los usuarios. El uso de satélites para complementar la conectividad de las redes terrestres transformará el IoT en el IoEE "Internet of Everything Everywhere". Los factores que facilitarán esta transformación son:

- La interoperabilidad entre sistemas satelitales y sensores
- La capacidad de los satélites para soportar IPv6

⁴⁹ Fuente: M2M and IoT via satellite, 7th Edition - NSR

Existen algunos problemas que dificultan la adopción de soluciones satelitales IoT:

- Seguridad: Los ciberataques sobre satélites pueden representar un problema
- Coste elevado: Las redes continúan siendo muy costosas e ineficientes, particularmente para soluciones a gran escala
- Ausencia de una solución holística: la heterogeneidad de soluciones dentro del ecosistema IoT supone una dificultad añadida en la obtención de soluciones satelitales estandarizadas.

2.1.3 Plataformas software y de analítica

Las soluciones IoT adquieren complejidad, evolucionando desde la sencilla monitorización de datos inicial a la implementación de alertas y acciones en cadena en sistemas integrados, Se demanda, para ello, plataformas de comunicación y *middleware* más avanzadas que faciliten la integración entre dispositivos, redes y aplicaciones.

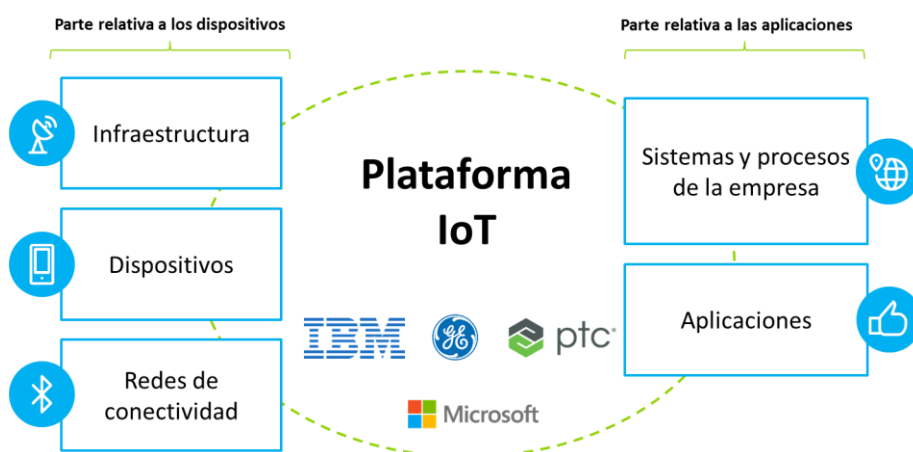


Figura 30. Posición de plataformas IoT

Existe una gran gama de plataformas software desarrolladas con el propósito de soportar y habilitar soluciones IoT. El objetivo es permitir acelerar el desarrollo del ecosistema IoT y reducir costes, mediante la oferta de componentes, herramientas y APIs más estandarizadas que se puedan compartir a través de múltiples soluciones de distintas industrias. Frecuentemente, estas plataformas se complementan unas a otras, realizando diferentes tareas en los procesos de las aplicaciones. Para los fabricantes de dispositivos y los desarrolladores de aplicaciones las plataformas software ofrecen una ruta rápida y rentable para agregar los beneficios de la conectividad a sus soluciones. Para los operadores móviles, las plataformas IoT ayudan a racionalizar los procesos empresariales, como la facturación o la gestión de suscripciones. Las plataformas IoT son relativamente nuevas en el mercado y muestran una gran diversidad en términos de funcionalidad y áreas de aplicación. Sin embargo, la mayoría de las plataformas se pueden catalogar dentro de uno de estos tres grupos: plataformas de gestión de la conectividad, plataformas de gestión de dispositivos y plataformas de habilitación de aplicaciones⁵⁰.

⁵⁰ Fuente: IoT Platforms and Software – M2M Research Series 2016 – Berg Insight

PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE LA CONECTIVIDAD

Este tipo de plataformas proporcionan una amplia gama de mejoras que facilitan la prestación de servicio de comunicación de datos en las redes sobre las que se sustentan las diferentes soluciones IoT. Las mejoras en las redes de conectividad, como: APNs (Access Point Name) privados, el direccionamiento fijo IP y VPNs (Virtual Private Network) seguras; ofrecen más flexibilidad y una mayor fiabilidad en las soluciones IoT.

Las funciones de gestión de conectividad suelen incluir: activación SIM, suspensión, reactivación y configuración. Las características de gestión de suscripciones permiten administración de planes de tarifas y la creación de grupos de dispositivos y umbrales de uso. La funcionalidad OSS/BSS (Operational Support Systems/Business Support Systems) permite la integración del cliente, la calificación y facturación de clientes con planes de tarifas específicos. Las plataformas APIs permiten la integración con aplicaciones de terceros y la automatización de procesos de negocio entre operadores de red y clientes empresariales.

Los operadores móviles utilizan una variedad de plataformas IoT, que van desde las plataformas propietarias internas hasta las soluciones software como servicio de los proveedores especializados. Varios proveedores de servicios IoT también proporcionan plataformas de gestión de conectividad como parte integral de sus ofertas.

PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE DISPOSITIVOS

Permiten la gestión remota de dispositivos IoT, con características como la activación/desactivación, la configuración y las actualizaciones de software. Aunque la mayoría de plataformas de gestión de conectividad incluyen funciones básicas de gestión de dispositivos, las plataformas completamente enfocadas en la gestión de dispositivos habilitan un conjunto más rico de funcionalidades. Las plataformas de gestión de dispositivos desarrolladas por los principales proveedores de hardware IoT ofrecen funciones avanzadas, tales como: diagnósticos, actualizaciones de software o gestión del ciclo de vida de las aplicaciones. Además, algunos de estos proveedores ofrecen plataformas que se integran directamente con las plataformas de gestión de red de los operadores móviles.

PLATAFORMAS HABILITADORAS DE APLICACIONES

Este tipo de plataformas están diseñadas para acelerar y simplificar el desarrollo de aplicaciones y soluciones IoT, proporcionando componentes horizontales comunes que pueden ser utilizados a través de diferentes industrias. Estas plataformas suelen proporcionar a los desarrolladores una interfaz estandarizada para la integración de conectividad, funciones de gestión de dispositivos y recolección de datos de dispositivos; sin embargo, la principal propuesta de valor de estas plataformas son las herramientas, *frameworks* y APIs para crear aplicaciones empresariales que incluyen gestión de datos, procesamiento de eventos, tareas automatizadas, lógica de negocios y visualización de datos. Algunas de estas plataformas también proporcionan herramientas y librerías que facilitan el modelado y creación de aplicaciones interactivas,

El mercado de plataformas habilitadoras de aplicaciones se encuentra en un estado muy inicial con un número limitado de proveedores especializados que enfrentan principalmente la competencia de varios integradores de sistemas y empresas que desarrollan funciones similares en la empresa.

SITUACIÓN DEL MERCADO DE LOS PROVEEDORES DE PLATAFORMAS SOFTWARE

Según un estudio realizado por Forrester⁵¹, se puede establecer una comparativa entre los principales proveedores de plataformas del mercado, tomando en consideración cinco categorías: gestión de la conectividad, gestión de dispositivos, seguridad e identificación, análisis e integración de aplicaciones.

Se puede establecer una relación entre las categorías que presenta el estudio de Forrester y las desarrolladas anteriormente. Según la definición que se hace de las mismas, seguridad e identificación estaría incluida dentro de gestión de dispositivos, mientras que análisis puede ser clasificada como un tipo de plataforma habilitadora de aplicaciones.

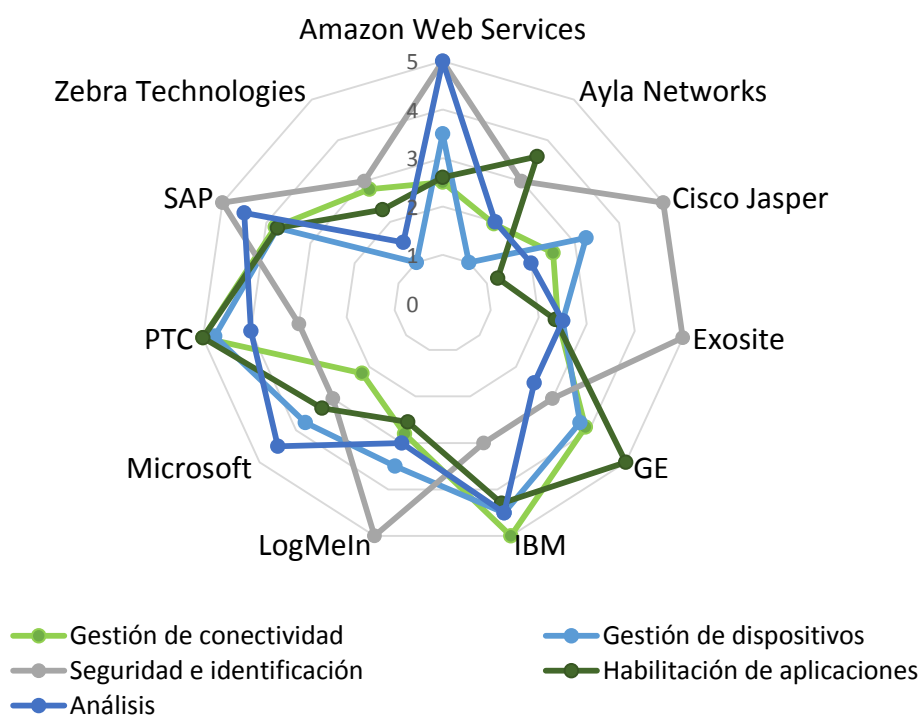


Figura 31. Comparativa del mercado de los proveedores de plataformas⁵²

⁵¹ Fuente: The Forrester Wave: IoT Software Platforms, Q4 2016

⁵² Fuente: The Forrester Wave: IoT Software Platforms, Q4 2016

PASOS HACIA EL FUTURO. IMPACTO DEL DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN IOT

La Inteligencia Artificial (IA), entendida como la simulación de procesos de inteligencia humana en máquinas⁵³, y el IoT son dos tecnologías emergentes que se complementan a la perfección, ya que las fortalezas de una complementan las debilidades de la otra tecnología.

El IoT, generador de grandes masas de datos, necesita un sistema o aplicación capaz de analizar y tomar decisiones sobre los mismos, con el fin de generar valor. Mientras que la IA, que posee una gran capacidad analítica, necesita nutrirse de datos para desarrollarse.

Parece que ambas tecnologías están destinadas a complementarse, pero, **¿en qué estado se encuentra la unión de ambas tecnologías?** Muchos líderes en el sector de las telecomunicaciones ya reconocen el papel que va a desempeñar el *edge analytics*, entendido como la capacidad de los dispositivos de analizar los datos recogidos por ellos mismos. Según una encuesta realizada por Cisco en 2014⁵⁴, el 40% de los dirigentes de las empresas de IoT más influyentes del mundo coincidía en que la mayoría de los datos, recogidos por los dispositivos finales de las soluciones IoT, se procesarán en los propios dispositivos, a finales de 2017.

¿Existe una demanda real de este tipo de dispositivos? ABI Research⁵⁵, pronostica que la demanda de estos dispositivos *edge analytics* crecerá un 20% anualmente durante los próximos seis años, generando más de 1,000 millones de dólares en ingresos en 2021.

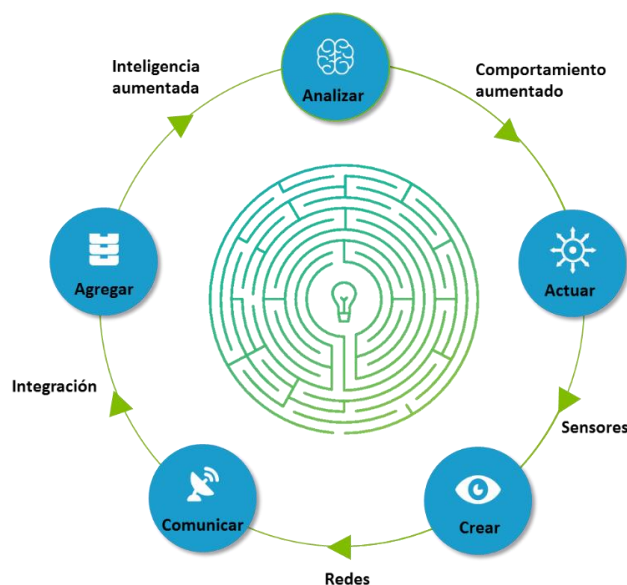


Figura 32. Círculo virtuoso IA-IoT

⁵³ Fuente: Inteligencia de máquina: La tecnología imita el conocimiento humano para crear valor – 2017 -Deloitte University

⁵⁴ Fuente: Andy Noronha et al., Attaining IoT value: How to move from connecting things to capturing insights, Cisco, 2014

⁵⁵ Fuente: ABI Research, “Servitization and edge analytics to buoy 3X growth in industrial and commercial IoT/M2M gateways and routers by 2021,” Noviembre 2015

Ya es conocido el excepcional interés en la unión entre ambas tecnologías, pero, **¿de qué forma pueden trabajar juntas y generar un valor adicional a las soluciones IoT?** Como tecnologías complementarias, IoT e IA pueden trabajar juntas de distintas formas⁵⁶:

- **IoT funciona como periférico del sistema de IA:** El sistema IoT actúa como generador de datos que alimentan al sistema de IA. Un ejemplo de este tipo de arquitectura es la mejora de los niveles de seguridad de una industria en base a datos obtenidos de cámaras y sensores.

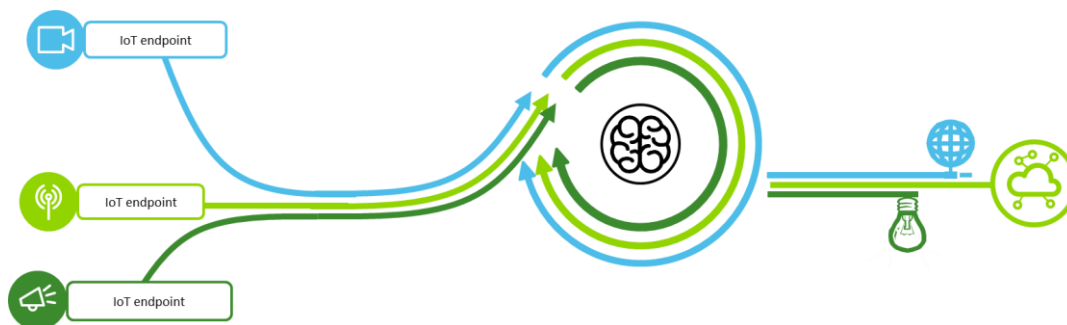


Figura 33. IoT como periférico de IA

- **IA como una de las aplicaciones de un sistema IoT:** En esta arquitectura la IA interpreta los datos producidos por algunos *endpoints* y en base a estos datos dirige algunas de las funciones del sistema IoT. Esta arquitectura es apropiada para sistemas donde se tenga disponibilidad limitada de la red, necesidades de baja latencia y restricciones en cuanto a privacidad de datos; un ejemplo de aplicación con estas restricciones es la indumentaria médica.

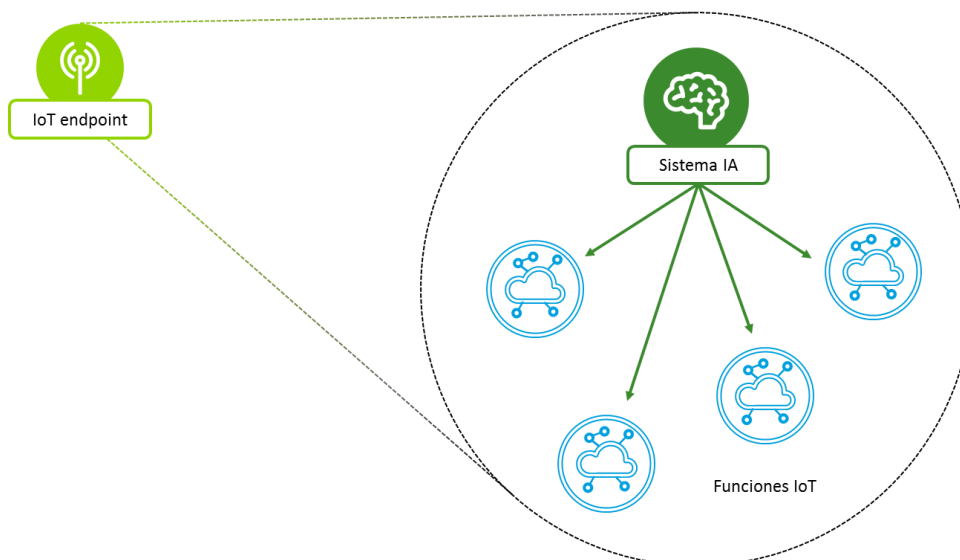


Figura 34. IA como aplicación de IoT⁵⁷

⁵⁶ Fuente: AI on the Edge: Fusing Artificial Intelligence and IoT will catalyse new digital value creation - Gartner

⁵⁷ Fuente: AI on the Edge: Fusing Artificial Intelligence and IoT will catalyse new digital value creation - Gartner

- **IoT e IA como un sistema bidireccional:** Es la arquitectura más compleja. En este tipo de sistema ambas tecnologías interactúan entre sí simbióticamente. El sistema IoT aporta datos al sistema IA, que se mejora a lo largo del tiempo creando un sistema de producción. Este sistema de producción se despliega sobre el sistema IoT y mejora su sistema de toma de decisiones. Un caso de uso de este tipo de sistemas son los vehículos autónomos.

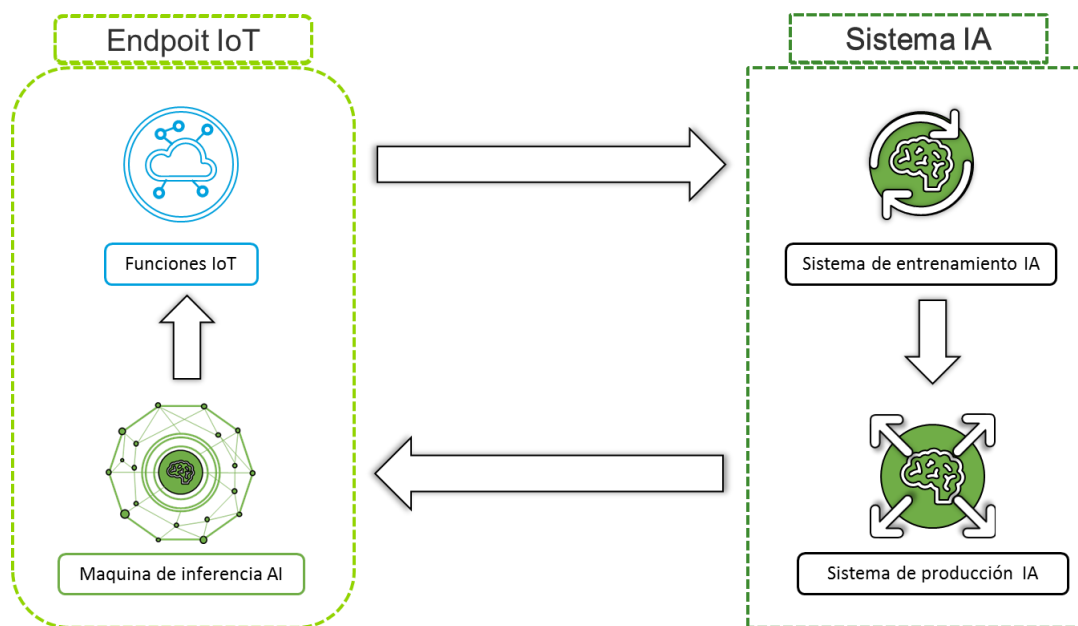


Figura 35. Sistema bidireccional IoT-IA⁵⁸

Tras conocer cómo IA e IoT pueden trabajar juntas, creando plataformas IoT-IA, es necesario entender que este tipo de plataformas no surgen de forma instantánea, sino que deben pasar por unas fases temporales en las que ambas tecnologías se asienten. Según Gartner⁵⁹ la adopción de una plataforma IA-IoT debe pasar por tres fases, diferenciadas por el grado de madurez de la tecnología IA. Estas fases deben ser implementadas por los siguientes agentes del mercado: organización IT, *stakeholders* de negocio, vendedores de aplicaciones, integradores de sistemas y proveedores de servicio.

⁵⁸ Fuente: AI on the Edge: Fusing Artificial Intelligence and IoT will catalyse new digital value creation - Gartner

⁵⁹ Fuente: AI on the Edge: Fusing Artificial Intelligence and IoT will catalyse new digital value creation - Gartner



Figura 36. Fases de adopción de IA en proyectos IoT⁶⁰

Las soluciones presentadas anteriormente suponen un paso adelante para ambas tecnologías, pero la creación de este tipo de plataformas IoT-IA aún está en sus fases iniciales. Para la creación de este tipo de soluciones es necesaria la creación de un marco que alinee los aspectos técnicos y de negocio, identificando el problema, determinando las partes clave de la solución y cambiando la mentalidad tecnológica para adecuarse a esta nueva tipología de soluciones. Una vez creado este marco se comienza con un procedimiento experimental de despliegue y desarrollo que depura el sistema hasta alcanzar una solución final.

Una vez analizado el estado actual y la previsión a futuro de la unión de IA e IoT, conocidas las formas que existen para integrar ambas tecnologías e identificadas las fases para la adopción de plataformas IA-IoT, solo queda preguntarse, **¿qué impacto tendrá la aplicación de Inteligencia Artificial en las soluciones IoT?**

Es conocido que las soluciones IoT generan cantidades enormes de datos. Las arquitecturas de Edge Analytics, que analizan estos datos cerca de las fuentes, y los análisis más eficientes, ofrecen tres beneficios clave⁶¹:

- **Reducción de la carga de la red y los costos de conectividad:** Esto se logra transportando solo los datos relevantes desde los *endpoints* al siguiente nivel, la nube o un centro de datos, para un análisis más detallado. Por ejemplo, solo en el caso de anomalías de datos o un umbral cruzado, el sistema enviará datos para el análisis.
- **Reducción de los costos de almacenamiento y gestión de bases de datos:** Mediante el descarte periódico los datos de rutina, por ejemplo, datos operativos que no muestran anomalías.

⁶⁰ Fuente: AI on the Edge: Fusing Artificial Intelligence and IoT will catalyse new digital value creation - Gartner

⁶¹ Fuente: Internet of Things: Dedicated networks and edge analytics will broaden adoption – 2016 – Deloitte Insights

- **Mejora del análisis y la acción en tiempo real:** El análisis de datos cerca de la fuente hace que sea más fácil actuar en el análisis de forma rápida, evitando la latencia involucrada en el envío de grandes cantidades de datos a la nube. Por ejemplo, una empresa de administración de energía que usa diferentes fuentes de energía, como los generadores de red tradicionales y renovables y la energía de la batería, puede utilizar analíticas avanzadas en sus diferentes ubicaciones para optimizar el uso. Si el suministro de energía solar cae en una ubicación, el sistema automáticamente aumenta la de alimentación de otra fuente. Si hay una fuente más barata disponible, el sistema cambia a una fuente más óptima para esa ubicación.

Estos beneficios suponen, en definitiva, una mejora en términos generales de las soluciones IoT, aplicadas a todos los sectores en las que están presentes: agricultura, manufactura, comercio, turismo, educación, minería, etc.

2.2 ESTANDARIZACIÓN DEL ECOSISTEMA IOT

Se han establecido varias iniciativas globales de estandarización que tratan de impulsar el desarrollo de un IoT eficiente, escalable y seguro. Los esfuerzos de normalización se centran en:

- Estandarizar las redes de conectividad sustentadoras de las distintas soluciones IoT
- Regular la gestión de los dispositivos que entran en juego en dichas soluciones
- Generar arquitecturas de referencia y herramientas normalizadoras
- Garantizar la seguridad y la privacidad de los datos a lo largo de toda la arquitectura

Organizaciones de estandarización, alianzas industriales y grupos de interés en el IoT están creando estándares y arquitecturas de referencia para las diferentes capas de la pila de tecnología IoT⁶². A continuación, se verán las soluciones más relevantes, a excepción de las relacionadas con seguridad y privacidad de datos, en las que nos centraremos en la sección de regulación.

2.2.1 Capa de comunicación

En la capa de comunicación, organismos de estandarización y asociaciones industriales como 3GPP, IEEE, Bluetooth SIG y Weightless SIG, desarrollan especificaciones para adaptar las tecnologías de conectividad a las necesidades del ecosistema IoT.

3GPP (3rd Generation Partnership Project) es una colaboración de grupos de asociaciones de telecomunicaciones de Asia, Europa y Norteamérica. Su estandarización abarca radio, red central y arquitectura de servicios para los sistemas de comunicaciones móviles 2G/3G/4G basados en la familia GSM de estándares. 3GPP es el foro de estándares de la industria que define LTE y está preparando mejoras futuras para optimizar la tecnología de bajo costo y bajo consumo IoT.

⁶² Fuente: IoT Platforms and Software – M2M Research Series 2016 – Berg Insight

Por otro lado, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) es una asociación profesional dedicada al avance de la innovación tecnológica. La organización cuenta con 400.000 miembros en todo el mundo y publica casi un tercio de la literatura técnica mundial en ingeniería eléctrica, informática y electrónica⁶³.

IEEE desarrolla estándares en una amplia gama de industrias, de las cuales una de las más notables es el grupo de estándares IEEE 802 utilizados para redes cableadas (Ethernet) e inalámbricas (Wi-Fi). El grupo de trabajo IEEE 802.15 especifica un grupo de estándares para redes de área personal inalámbricas (WPAN). El estándar IEEE 802.15.4 define una capa de control de acceso físico (PHY) y de acceso al medio (MAC) para una comunicación inalámbrica de baja velocidad de datos. Varios protocolos de capa de red estandarizados y propietarios funcionan sobre redes 802.15.4, incluyendo LoRA, Thread, ZigBee y 6LoWPAN.

2.2.2 Capa de aplicación

En la capa de aplicación, los organismos de estandarización en los dominios de telecomunicaciones e Internet; como IETF, OASIS, OMA y W3C; trabajan en protocolos para la comunicación y gestión de dispositivos.

IETF (Internet Engineering Task Force) es una comunidad internacional que desarrolla y promueve estándares que comprenden la suite de protocolos de Internet, comúnmente conocida como TCP/IP. TCP/IP proporciona conectividad P2P (point-to-point) especificando cómo los datos deben ser empaquetados, dirigidos, transmitidos, enrutados y recibidos en el destino. Esta funcionalidad está organizada en cuatro capas de abstracción:

- **La capa de enlace:** contiene tecnologías de comunicación para un único segmento de red (enlace)
- **La capa de Internet:** conecta *hosts* a través de redes independientes, estableciendo así la interconexión
- **La capa de transporte:** maneja la comunicación de anfitrión a host
- **La capa de aplicación:** proporciona el proceso para procesar el intercambio de datos de aplicaciones. La capa de Internet incluye los protocolos IPv4 e IPv6 para enviar datos a través de redes.

6LoWPAN, definido por IETF, es un estándar para implementar el protocolo IPv6 sobre redes inalámbricas de baja potencia. CoAP (Constrained Application Protocol) es un protocolo de capa de aplicación definido por IETF que está destinado a ser utilizado en dispositivos con restricciones de recursos, como los nodos IoT.

⁶³ Fuente: <https://www.ieee.org/index.html>

2.2.3 Capa de servicio

En la capa de servicio, diversos organismos de estandarización y consorcios desarrollan arquitecturas de referencia para aplicaciones IoT en industrias específicas.

Algunos de estos organismos de estandarización y consorcios; oneM2M, Open Connectivity Foundation (OCF), AllSeen Alliance e Industrial Internet Consortium (IIC); han lanzado estándares IoT de primera generación que abordan casuísticas tales como: protocolos de red, gestión de conectividad y gestión del ciclo de vida del dispositivo. Se encuentran actualmente trabajando en desafíos como la privacidad y protección de datos, los formatos de intercambio de datos, las interfaces para el desarrollo de aplicaciones.

A continuación, se presentan una serie de consorcios y organismos que, según apunta Berg Insight⁶⁴, cuentan con herramientas impulsoras de la estandarización del ecosistema IoT.

ALLSEEN ALLIANCE

AllSeen Alliance es un consorcio sin ánimo de lucro, formado por más de 120 empresas que forman parte del ecosistema IoT, dedicado a dirigir la adopción de productos, sistemas y servicios IoT mediante un marco de desarrollo abierto y universal. Este marco está basado fundamentalmente en el *framework* de desarrollo de aplicaciones de código abierto AllJoyn.

Los productos, aplicaciones y servicios creados con AllJoyn pueden comunicarse sobre capas de transporte como Wi-Fi, Bluetooth o Ethernet; independientemente del fabricante o sistema operativo y sin necesidad de servicios basados en la nube. Además, el software está abierto para que los desarrolladores puedan descargar y lo puedan lanzar sobre plataformas como Linux, Android, iOS o Windows. El *framework* consta de una base de código de varios servicios modulares que permiten actividades fundamentales como: descubrimiento de dispositivos, emparejamiento, enrutamiento de mensajes y seguridad; lo cual es un paso hacia la estandarización de los servicios.

CONSORCIO INDUSTRIAL DE INTERNET (CII)

Reúne las organizaciones y tecnologías necesarias para acelerar del crecimiento del Internet Industrial mediante la identificación y la promoción de las mejores empresas. Este consorcio está compuesto por 250 miembros, incluyendo empresas líderes en diferentes industrias, pequeñas empresas innovadoras, investigadores, universidades y gobiernos de 28 países.

El CII coordina el desarrollo de arquitecturas y plataformas comunes para la consecución de un Internet Industrial estandarizado. Actualmente, el CII está desarrollando, junto importantes asociaciones industriales alemanas, el proyecto de IoT *Platform Industrie 4.0*, con el que tratan de desarrollar una arquitectura estandarizada en el sector industrial, que garantice la interoperabilidad con otras plataformas y sea una referencia para soluciones IoT futuras.

⁶⁴ Fuente: IoT Platforms and Software – M2M Research Series 2016 – Berg Insight

ONEM2M

OneM2M es una organización global que crea un estándar escalable e interoperable para comunicaciones de dispositivos y servicios utilizados por aplicaciones IoT. La organización está formada por las organizaciones de estandarización más importantes del mundo, además de otros consorcios y más de 200 compañías que incluyen fabricantes de dispositivos, proveedores y operadores.

El propósito de oneM2M es el desarrollo de especificaciones técnicas que aborden la necesidad de una capa de servicio común que se pueda integrar en hardware y software para conectar dispositivos en el campo de aplicaciones M2M/IoT. La intención es ampliar el alcance de los estándares específicos de la industria existentes y crear interoperabilidad independiente de las redes subyacentes.

En 2015 OneM2M publicó un conjunto de 10 especificaciones para la creación de plataformas de servicios horizontales que cubrían requisitos, arquitectura, especificaciones de API, soluciones de seguridad y mapeo de protocolos comunes como CoAP, MQTT y HTTP. Actualmente, OneM2M trabaja en la publicación de nuevas especificaciones que aporten un mayor grado de estandarización dentro del ecosistema IoT.

A full-page background image featuring a large iceberg floating in a blue ocean under a cloudy sky. The iceberg's tip is visible above the water, while its much larger, jagged base is submerged below the surface. The water is a deep blue, and the sky is light blue with scattered white clouds.

3 Identificación de barreras para la adopción del IoT por parte de empresas y cómo mitigarlas

En América Latina, la productividad de las empresas ha sido identificada como una de las principales barreras para el desarrollo.⁶⁵ Debido a esta falta de desarrollo empresarial las economías de los países se ven afectadas, aumentando de esta forma la brecha existente entre países desarrollados y aquellos que están en vías de desarrollo.

En este apartado se pretende identificar el estado y el potencial de digitalización y desarrollo del IoT, enmarcando ambos dentro del ámbito empresarial. El enfoque elegido consiste en la realización de un índice conformado por 6 indicadores principales, los cuales a su vez se han creado en función de 32 variables que expresan en mayor detalle el potencial y la realidad digital, tecnológica, regulatoria y sociodemográfica que viven los países bajo estudio.

El propósito de este índice es permitir identificar con mayor facilidad, gracias al detalle ofrecido por variables e indicadores, cuáles son aquellos aspectos en los que un país debería incidir en mayor medida, para así favorecer la implantación del IoT en el ámbito empresarial. Está inclusión de sistemas y procesos digitalizados y más avanzados, tecnológicamente hablando, posibilitan el avance y desarrollo de las economías de los países, favoreciendo la reducción de la brecha existente con los más desarrollados.

3.1 Introducción al índice

Como ya se mencionó, el análisis se ha llevado a cabo mediante la creación de un índice conformado por 33 variables relacionadas directamente con la adopción del IoT.

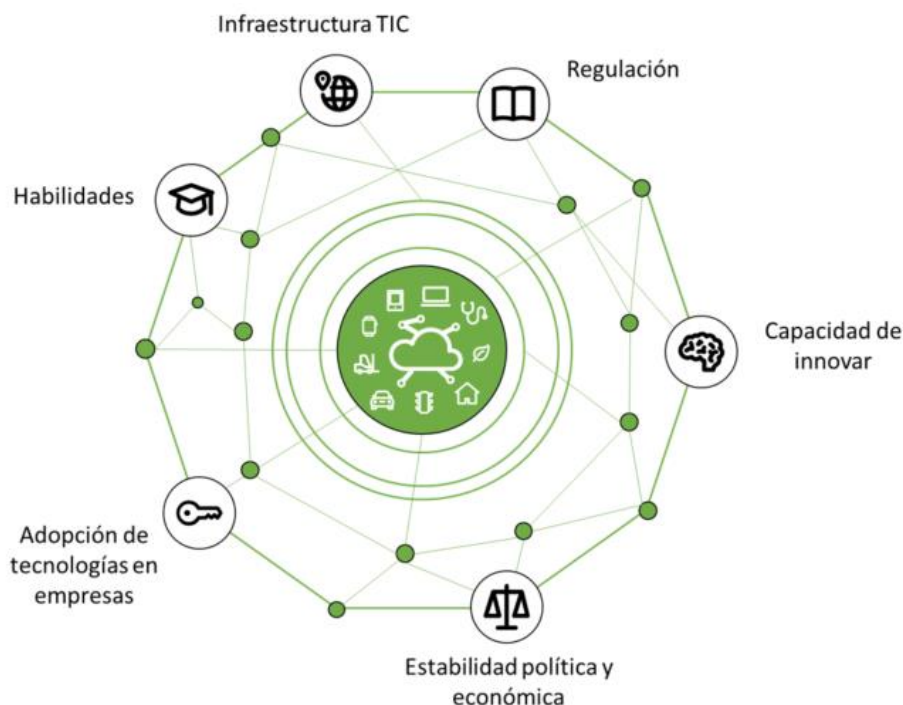


Figura 37. Indicadores para la identificación de barreras en la implantación del IoT

⁶⁵ BID, 2010. La Era de la Productividad. Como transformar las Economías desde sus Cimientos

Además de los países de interés para el estudio, definidos como aquellos que conforman el 90% del PIB de la región de América Latina, se han recopilado datos para los países pertenecientes a la OCDE y para el resto de países de la región LAC. De este modo, y gracias a la información de referencia que proporcionan los valores hallados, será más fácil construir un marco que evalúe la situación que se vive en cada país e identificar los objetivos para la ejecución de buenas prácticas que traten de acortar la distancia entre los países de LAC y la OCDE.

Tal y como se muestra en la figura se ha definido un índice que está constituido por seis indicadores principales. Cada uno de estos indicadores muestra las barreras ante las que se enfrentan las empresas a la hora de implantar sistemas basados en IoT.

Estos indicadores recogen aspectos clave a la hora de considerar dichos despliegues tales como:

- **Infraestructura TIC:**

Este indicador mide el grado de preparación de los países en materia de infraestructura y servicios de telecomunicaciones y TIC. Para conformar este indicador se han incluido variables tales como:

- **Capacidad internacional:** ancho de banda disponible en los países para intercambio de tráfico internacional.
- **Penetración de banda ancha móvil:** número de líneas móviles con acceso a suscripciones de banda ancha satelital, inalámbrica terrenal y redes celulares móviles con acceso a transmisiones de datos con velocidades mayores a 256 Kbps. Se refleja el número de líneas por cada 100 habitantes.
- **Penetración de banda ancha fija:** número de abonados a Internet de banda ancha fija en un país por cada 100 habitantes. Se refiere a los usuarios suscritos a un acceso de alta velocidad a Internet (conexión TCP IP) con velocidades iguales o superiores a 256 Kbps.
- **Servidores de Internet seguros:** número de servidores seguros por millón de habitantes. Los servidores seguros de Internet son aquellos que utilizan la tecnología de encriptación en las transacciones de información.
- **Velocidad media de acceso a banda ancha:** velocidad media de conexión a Internet experimentada.
- **Servicios Cloud:** contabiliza la calidad de los servicios *Cloud* desplegados para los clientes en cada país.

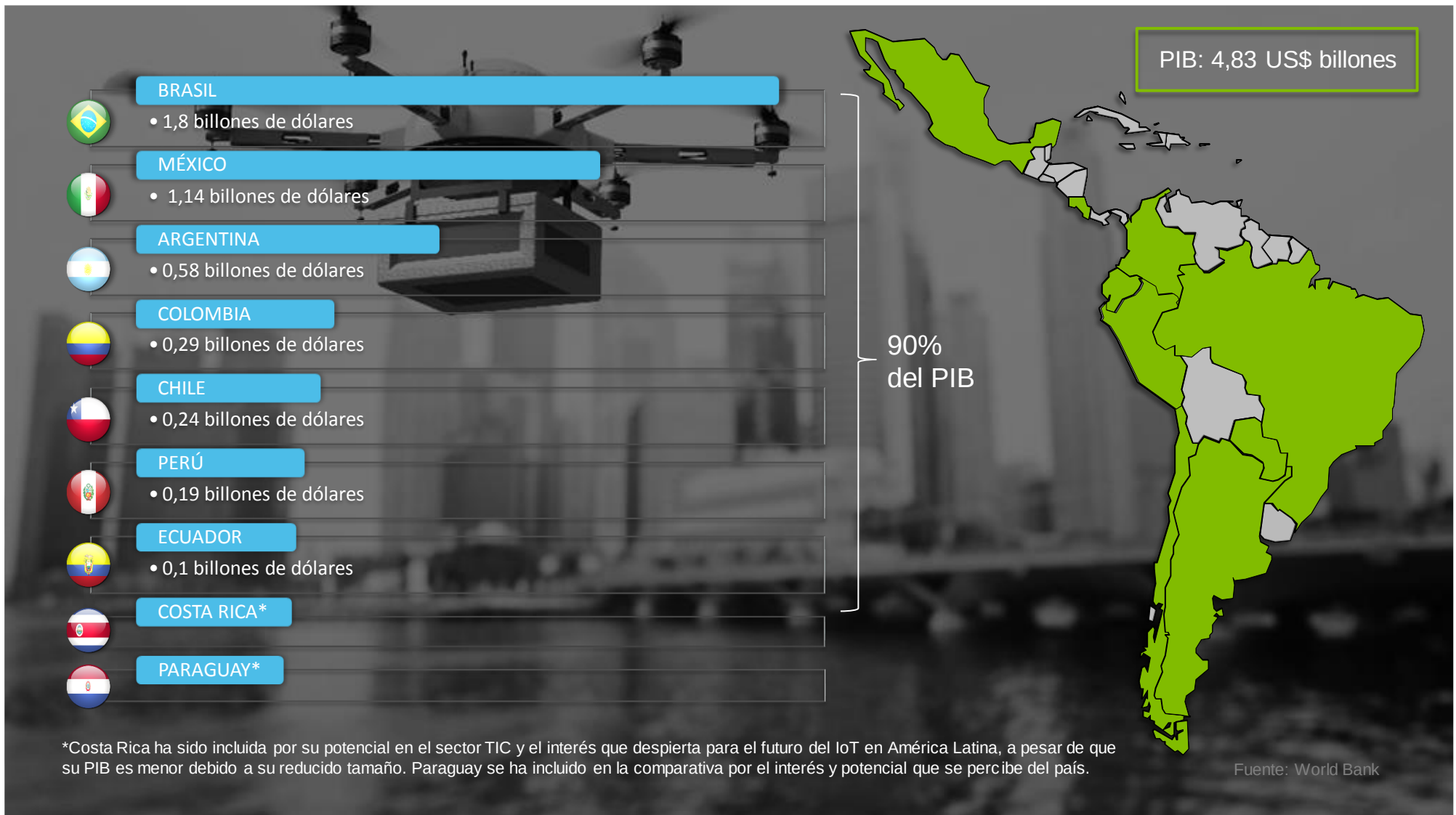


Figura 38. Países de especial interés para el estudio del desarrollo de soluciones IoT

- **Regulación:**

Indicador que refleja la eficiencia del marco regulatorio con impacto en el IoT. Entendiendo por marco regulatorio, a los organismos y leyes que establecen las normas básicas del ecosistema TIC dentro del país. Las variables consideradas en este caso son:

- **Cargos a la propiedad intelectual:** cargos por el uso de la propiedad intelectual no incluidos en otros pagos (% del comercio total) de acuerdo con la Clasificación de la Balanza de Pagos Extendida, EBOPS 2010.
- **Legislación en Ciberseguridad:** medida basada en la existencia de instituciones y marcos jurídicos que se ocupan de la Ciberseguridad y la ciberdelincuencia.
- **Protección de la propiedad intelectual:** protección de la propiedad intelectual por país.
- **Eficacia de organismos legislativos:** eficacia de los procesos y organismos legislativos por país.
- **Legislación relativa a las TIC:** desarrollo de las leyes relativas al sector TIC y otras.

- **Capacidad de innovar**

Examina la capacidad e intención de los países en avanzar en materia de innovación. Se incluyen en la creación de este indicador, variables como:

- **Gasto bruto en I+D:** gastos en investigación y desarrollo (tanto público como privado) en actividades creativas emprendidas sistemáticamente para aumentar el conocimiento. La I+D abarca la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.
- **Publicaciones científicas y técnicas:** los artículos de revistas científicas y técnicas se refieren al número de artículos científicos y de ingeniería publicados en los siguientes campos: física, biología, química matemáticas, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra y del espacio. La medida se expresa en número de publicaciones por cada millón de habitantes.
- **Aplicaciones de patentes por residente:** solicitudes de patente presentadas a través del procedimiento del Tratado de Cooperación en materia de Patentes o ante una oficina nacional de patentes para obtener derechos exclusivos sobre una invención de un producto o proceso que proporciona una nueva forma de hacer algo u ofrece una nueva solución técnica a un problema. La medida se expresa en número de patentes por millón de habitantes.
- **Investigadores I+D:** profesionales dedicados a la concepción o creación de nuevos conocimientos, productos y procesos. Se incluyen a los estudiantes de doctorado de postgrado (nivel 6 de la CINE 97) dedicados a I+D. La medida se expresa en número de investigadores por millón de habitantes.

- **Situación política y económica:**

Indicador que considera los aspectos más importantes y relevantes en materia de política y entorno de negocio. Dan una idea de los aspectos más generales del país. Se han considerado 5 variables para dar forma a este indicador:

- **Visión de las instituciones públicas:** capta las percepciones de la población sobre la forma de actuar de las instituciones públicas del país. El indicador está basado en la seguridad, la eficacia y la protección de los derechos por parte de las mismas.
- **Efectividad del Gobierno:** capta las percepciones de la calidad de los servicios y de la actividad gubernamental, así como el grado de independencia de los mismos con respecto a las presiones políticas, la calidad de la formulación e implementación de las políticas, y la credibilidad del compromiso del gobierno con dichas políticas.
- **Facilidad para iniciar un negocio**
- **Facilidad para pagar impuestos**
- **Facilidad para resolver la insolvencia**

- **Adopción de tecnología en empresas:**

Analiza el grado de adaptación o inclusión de tecnologías nuevas y disruptivas en las empresas. Se han considerado tecnologías relevantes para la inclusión del IoT en el sector empresarial. Siete variables forman parte de este indicador:

- **Exportación de actividades de medio/alto componente tecnológico:** las exportaciones de productos de alta tecnología son productos altamente intensivos en investigación y desarrollo, como son los productos de las industrias aeroespacial, informática, farmacéutica, de instrumentos científicos y de maquinaria eléctrica.
- **Inversión en Big Data:** inversión en herramientas de software analítico utilizadas para suministrar datos procesables a individuos y organizaciones. Estas herramientas de software analítico incluyen herramientas de análisis de contenido, análisis CRM, análisis avanzado (independiente e integrado), generación de almacenes de datos, gestión de almacenes de datos, consultas a usuarios finales, software de generación de informes y análisis, aplicaciones de gestión de estrategias y rendimiento financiero, análisis de planificación de la producción, análisis de operaciones de servicios, análisis de operaciones de servicios, análisis de información espacial, análisis de la cadena de suministro y análisis de la mano de obra. Cálculo: por gasto total en TI
- **Inversión en IoT:** inversión en productos de IoT, incluyendo sistemas inteligentes, dispositivos de IoT, plataformas construidas a tal efecto y servicios e infraestructura relacionados con IoT. Ponderación en relación con el tamaño de la población. Cálculo: per cápita.

- **Inversión en Cloud:** inversión total de los proveedores públicos de servicios *Cloud* en infraestructura (servidores, almacenamiento y *switches ethernet*). Esta variable mide los niveles actuales de inversión de los proveedores públicos de servicios *Cloud* en la infraestructura de hardware necesaria para el suministro de servicios *Cloud* públicos. Los datos se normalizan con respecto al tamaño general de la economía. Cálculo: por PIB.
- **Disponibilidad de últimas tecnologías:** parecer de la población sobre la disponibilidad que ellos tienen sobre las últimas tecnologías⁶⁶.
- **Absorción tecnológica a nivel de empresas:** nivel de adopción de las nuevas tecnologías por parte de empresas.
- **Impacto de las TIC en los modelos de negocio:** nivel del impacto que tienen las TIC posibilitando nuevos modelos de negocio.

- **Habilidades**

Mide la capacidad de adaptación, aceptación y uso de las tecnologías más nuevas y sofisticadas del ecosistema TIC por los ciudadanos. Para la definición de este último indicador se han utilizado seis variables:

- **Educación superior:** número de alumnos matriculados en un determinado nivel educativo, independientemente de su edad, expresado como porcentaje de la población escolar oficial correspondiente al mismo nivel educativo. Para el nivel terciario, la población utilizada es el grupo de edad de 5 años a partir de la edad oficial de graduación de la escuela secundaria. La educación terciaria incluye lo que comúnmente se entiende por educación académica, pero también incluye la formación profesional superior o profesional. La educación terciaria proporciona actividades de aprendizaje en campos especializados de la educación. Comprende sistemas de un alto nivel de complejidad y especialización.
- **Graduados superiores en programas de ciencias o ingenierías:** porcentaje de graduados superiores en áreas como ciencia, manufactura, ingeniería y construcción.
- **Disponibilidad de formación e investigación:** disponibilidad de servicios de formación profesional de calidad.
- **Capacidad de retención de talento:** A qué nivel el país retiene talento (1- los más brillantes tienen que buscar oportunidades fuera; 7- los más brillantes pueden perseguir oportunidades dentro del país)
- **Porcentaje de desarrolladores profesionales de software:** División entre los desarrolladores de software obtenidos de stackoverflow y los datos de población que ofrece el WB.

⁶⁶ Nota: se entiende por últimas tecnologías aquellas más disruptivas en el momento de la encuesta: Realidad Virtual, *Big Data*, servicios *Cloud*, Internet de banda ancha, servicios de inteligencia artificial,...

- **Usuarios de Internet:** El número estimado de usuarios de Internet en la población total que se hayan conectado en los últimos 12 meses.

3.1.1 Análisis de resultados

A partir de los resultados obtenidos, como ya se ha comentado con anterioridad, se pueden obtener puntos de actuación e identificar las principales barreras para la implementación del IoT en el segmento empresarial. La siguiente tabla forma de muestra resumida alguno de los resultados generales obtenidos:

	OCDE	LAC
Infraestructura TIC	6,31	3,98
Regulación	6,06	4,17
Capacidad para innovar	6,18	4,04
Situación política y económica	6,64	3,36
Adopción tecnologías en empresas	5,41	2,45
Habilidades	5,60	3,87
Total	6,02	3,60

Tabla 4. Tabla resumen con la puntuación en el índice de LAC y la OCDE

El gráfico de araña a continuación se muestra un resultado de los mismos resultados:

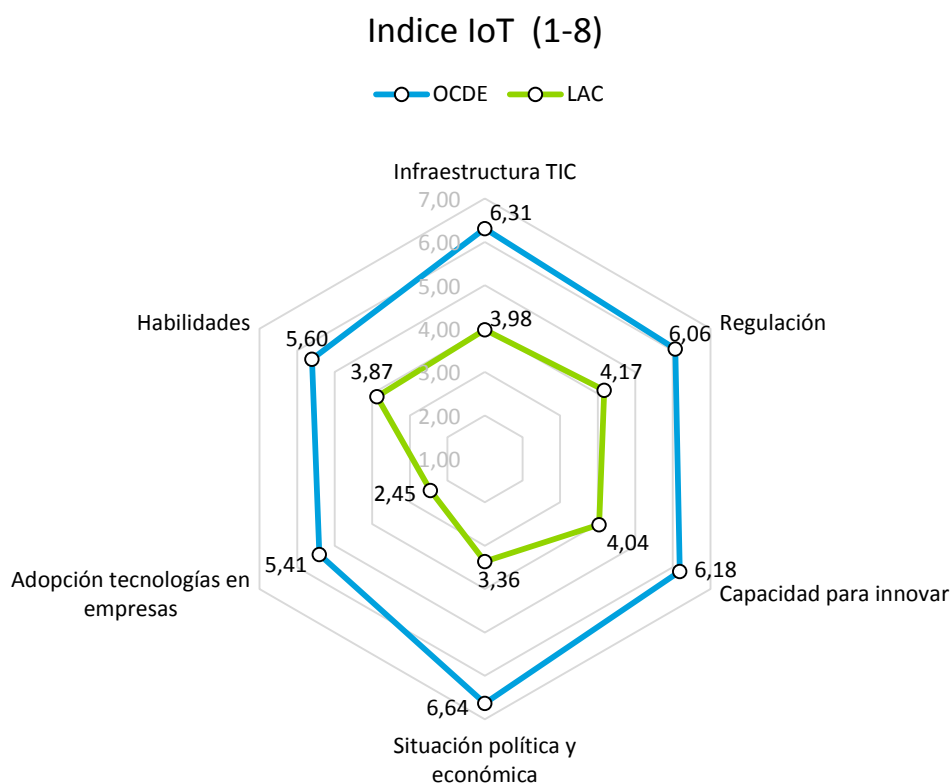


Figura 39. Resultados del índice para LAC y OCDE (1-8)

Como se puede observar, LAC presenta puntuaciones inferiores a la OCDE en todos los indicadores compuestos para el estudio. La mayor diferencia reside en el pilar de “Adopción de tecnologías en empresa”, siendo la misma de casi 3 puntos. En cuanto a “Habilidades” y “Regulación” la diferencia se estrecha, si bien, LAC continúa casi 2 puntos de gap frente a la OCDE en los resultados del análisis.

El ranking por países que se obtiene tras la consecución del índice se muestra a continuación. Los países mostrados en blanco son los pertenecientes a la OCDE, en azul aparecen los países de la región LAC y en verde los países en los que hemos centrado nuestro estudio (aquellos que conforman el 90% del PIB de la región).

Queda reflejado cómo los países prestatarios del BID se encuentran, en general, por detrás de los de la OCDE. Esto, no hace más que constatar, el hecho de que América Latina necesita impulsar mejoras y políticas públicas, así como acuerdos público-privados, que favorezcan la reducción del gap existente.

En general, los países que conforman el 90% del PIB de la región y Costa Rica, se sitúan a la cabeza de la región, superando en algunos casos a países miembros de la OCDE y siendo Chile el más avanzado de entre los latinoamericanos.

Índice IoT

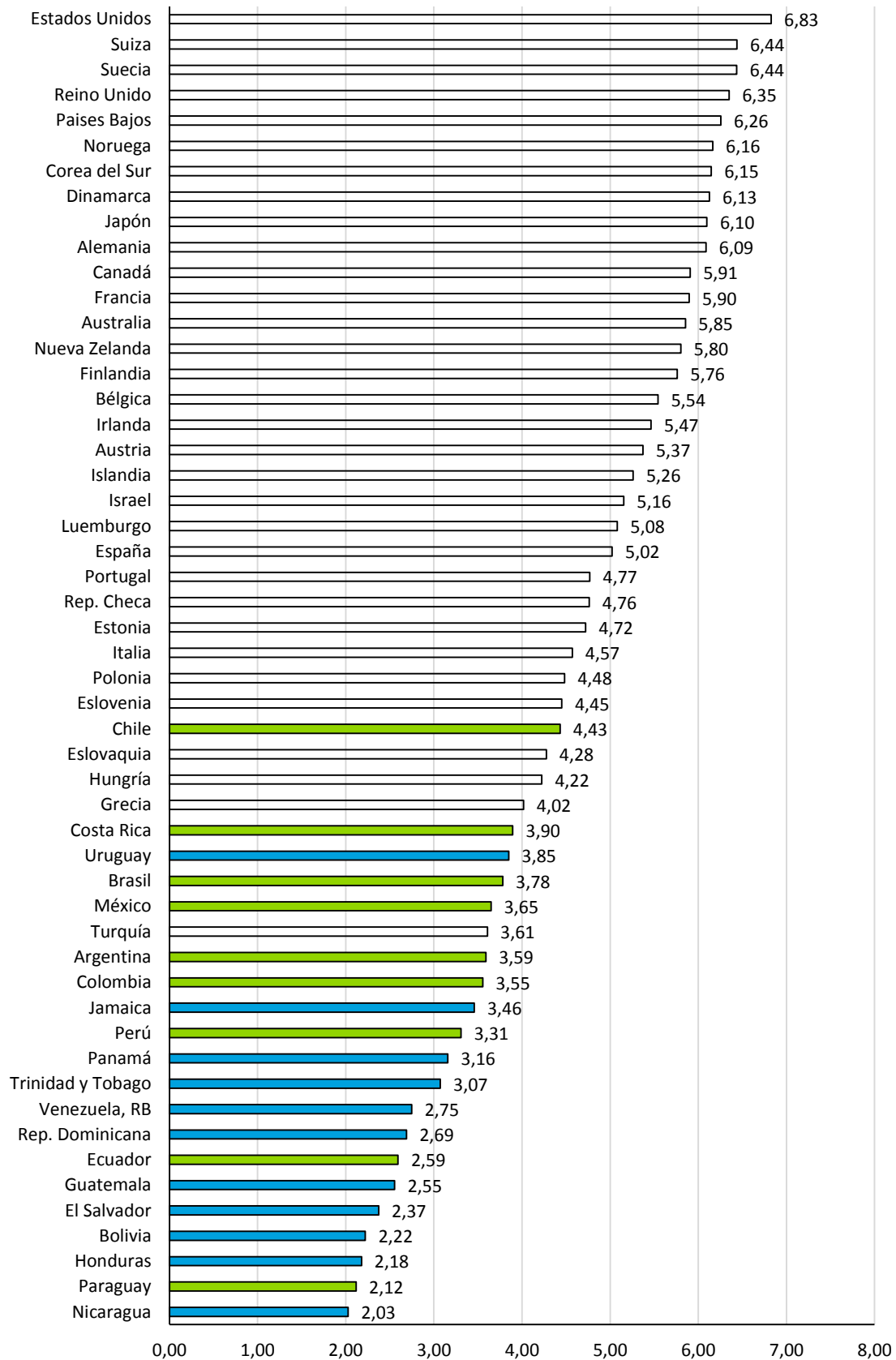


Figura 40. Clasificación y puntuación del índice sobre el IoT

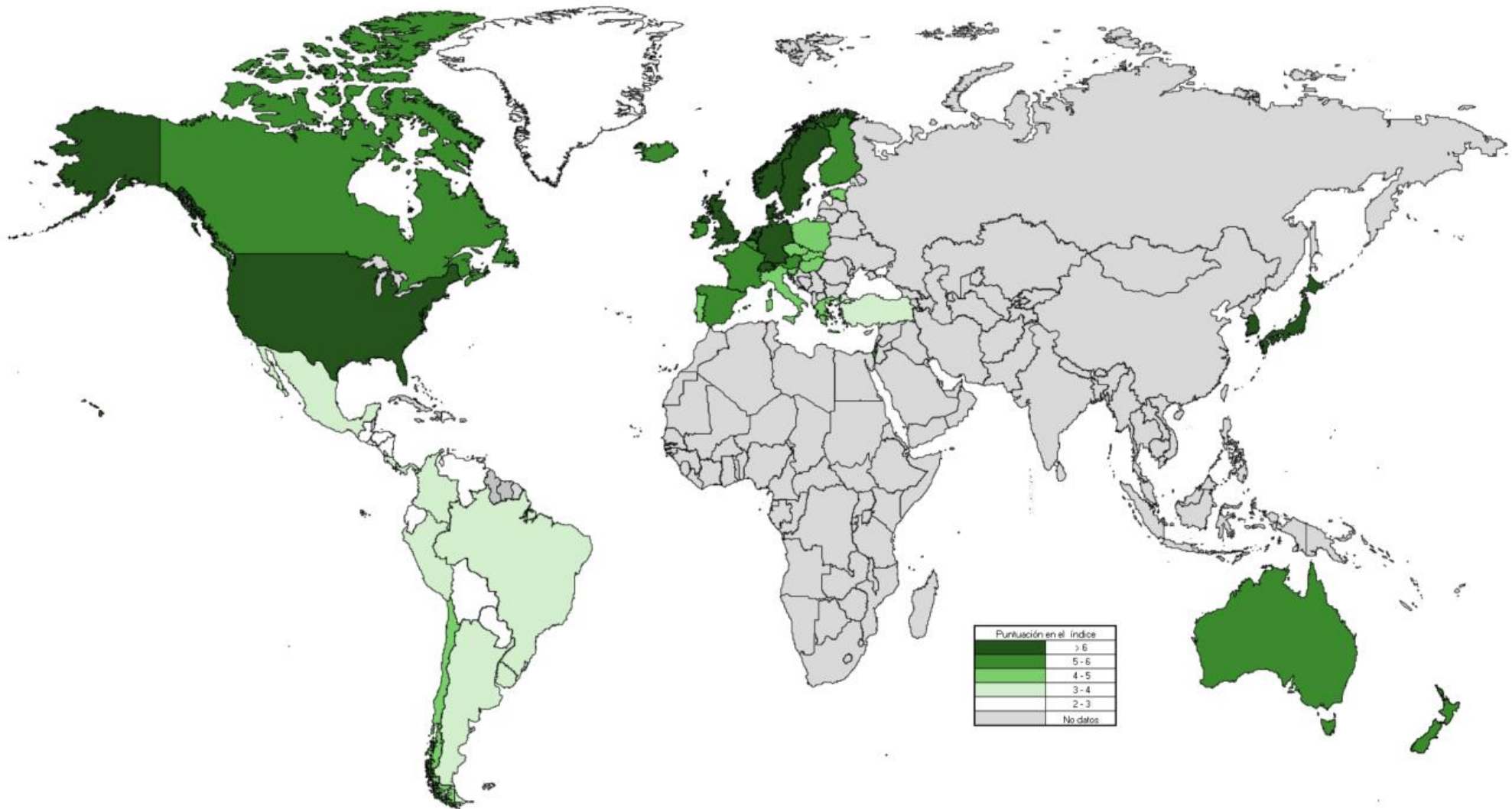


Figura 41. Mapa con la distribución de la puntuación sobre el índice de desarrollo del IoT

3.2 RETOS DE LA REGIÓN EN EL DESARROLLO DEL IOT

El despliegue de servicios y soluciones basados en IoT que favorezcan el avance de los países de la región de América Latina y la reducción del gap existente respecto de la OCDE debe abordarse como una serie de retos a completar. A continuación, se muestran una serie de barreras a superar para el desarrollo del ecosistema. Las mismas han sido contempladas, estudiadas y analizadas para la creación del índice y se desarrollan en los siguientes apartados.

3.2.1 La conectividad como base para el desarrollo del IoT

El desarrollo de soluciones IoT tiene como base la conectividad. Tal como se avanzaba en el capítulo 2, el envío de información desde los sensores hasta los nodos de agregación y analítica de datos en una solución genérica del IoT hará uso de diversas tecnologías de comunicaciones, de servidores y de redes demandando más o menos velocidad o requisitos de latencia según el servicio prestado.

América Latina se encuentra rezagada en despliegue y uso de redes de banda ancha. Este hecho se ve reflejado en las estadísticas de penetración de los servicios de banda ancha, tanto móvil como fijo. La siguiente gráfica refleja este hecho para la OCDE, LAC y los países con mayor PIB en la región.

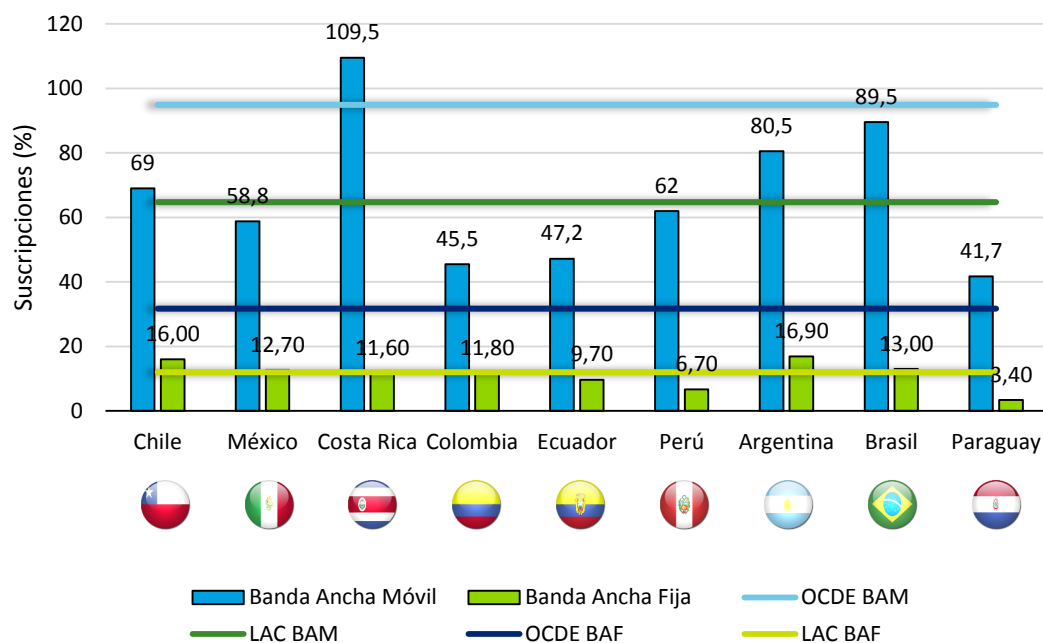


Figura 42. Penetración de banda ancha⁶⁷

⁶⁷ Fuente: Measuring the Information Society Report 2017, ITU. El porcentaje de suscripciones de BAF refleja los abonos fijos para el acceso de alta velocidad a la Internet pública a velocidades de bajada iguales o superiores a 256 kbit/s. Esto incluye el módem por cable, DSL, fibra hasta el hogar/edificio, otros abonos de banda ancha fija

Como se puede observar, los datos generales de LAC la muestran rezagada tanto en servicios de banda ancha fija como móvil. En banda ancha móvil la diferencia es de alrededor de un 30% entre las medias de LAC y OCDE, siendo Costa Rica y Brasil los países con mejores rubros en este indicador. La banda ancha fija muestra una diferencia entre las medias de casi un 19%. En este caso Chile y Argentina son los países más destacados. Otro aspecto importante, que refleja el estado de la infraestructura en la región y de los países que forman parte de ella, es la velocidad media de acceso a Internet. La siguiente gráfica refleja lo relativo a esos datos.

La importancia de redes de fibra para abordar la demanda futura de datos y el desarrollo del 5G se ha convertido en foco de atención a nivel global, con países como EE.UU. o Alemania desarrollando políticas específicas de fomento de despliegues de fibra a través de PPP. La mayoría de países que ocupa este estudio han desplegado planes nacionales de infraestructura de banda ancha o fibra óptica, esto trata de posibilitar, en el futuro, la mejora los servicios de Internet y reducir el gap existente con los países miembros de la OCDE.

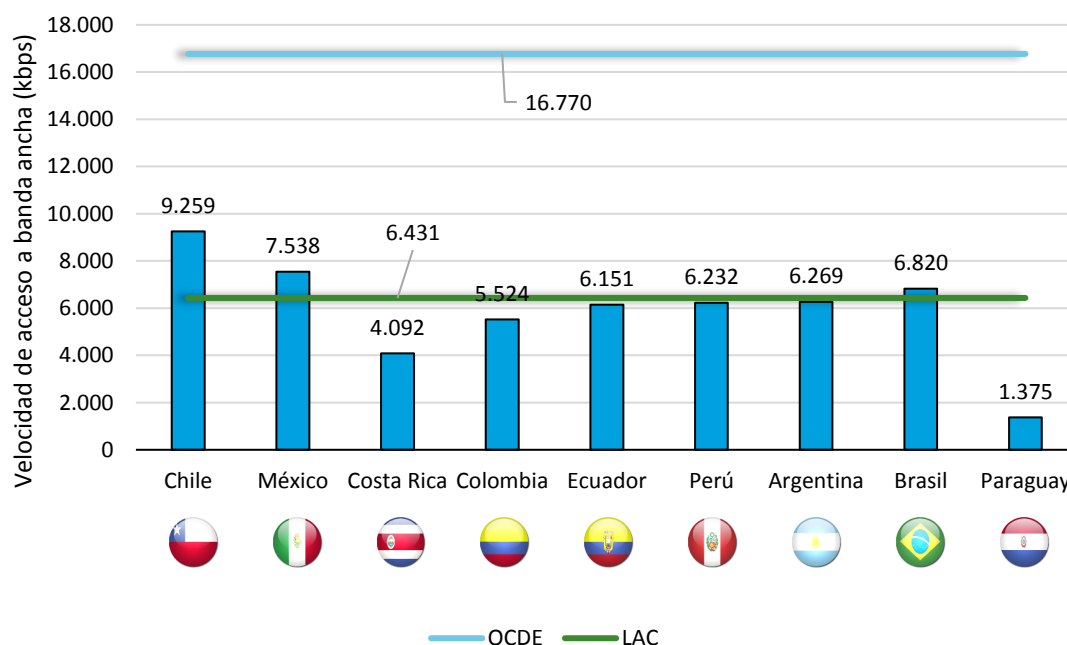


Figura 43. Velocidad media de acceso a banda ancha⁶⁸

(alámbrica), banda ancha por satélite y banda ancha inalámbrica fija terrenal. El total se mide independientemente del método de pago. Excluye los abonos que tienen acceso a comunicaciones de datos (incluida Internet) a través de redes móviles-celulares. Incluye WiMAX fijo y cualquier otra tecnología inalámbrica fija, así como suscripciones residenciales y suscripciones para organizaciones. El porcentaje de suscripciones de BAM refleja la suma de los abonos de banda ancha móvil de datos y de voz y de los abonos de banda ancha móvil sólo de datos a la Internet pública. Cubre los abonos utilizados para acceder a Internet a velocidades de banda ancha, no los abonos con acceso potencial, aunque estos últimos puedan tener teléfonos móviles habilitados para banda ancha. Las suscripciones deben incluir una cuota de suscripción recurrente para acceder a Internet o pasar un requisito de uso - los usuarios deben haber accedido a Internet en los últimos tres meses. Incluye suscripciones a redes móviles de banda ancha que proporcionan velocidades de descarga de al menos 256 kbit/s (por ejemplo, WCDMA, HSPA, CDMA2000 1x EV-DO, WiMAX IEEE 802.16e y LTE), y excluye las suscripciones que sólo tienen acceso a GPRS, EDGE y CDMA 1xRTT.

⁶⁸ Fuente: Akamai 2017

No menos necesarios, para las comunicaciones y los servicios *Cloud*, son los servidores de Internet seguros, aspecto que muestra una gran diferencia entre LAC y la OCDE. Chile, país con la mayor disponibilidad de servidores seguros de la región, tiene 10 veces menos servidores que la media reflejada para los países de la OCDE.

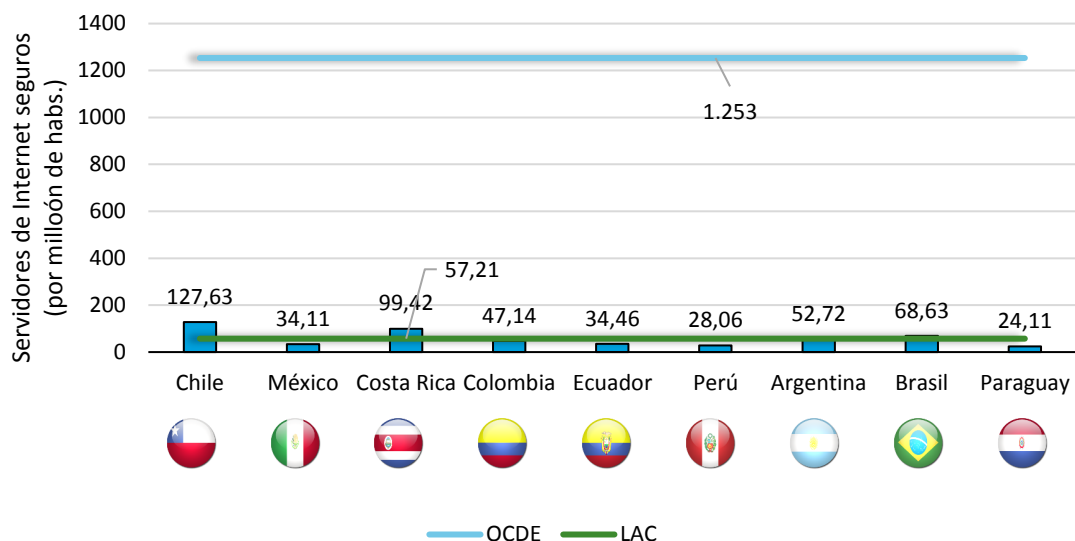


Figura 44. Servidores de Internet seguros⁶⁹

La distribución de la puntuación en la barrera de infraestructura TIC en América Latina se muestra en la siguiente figura.

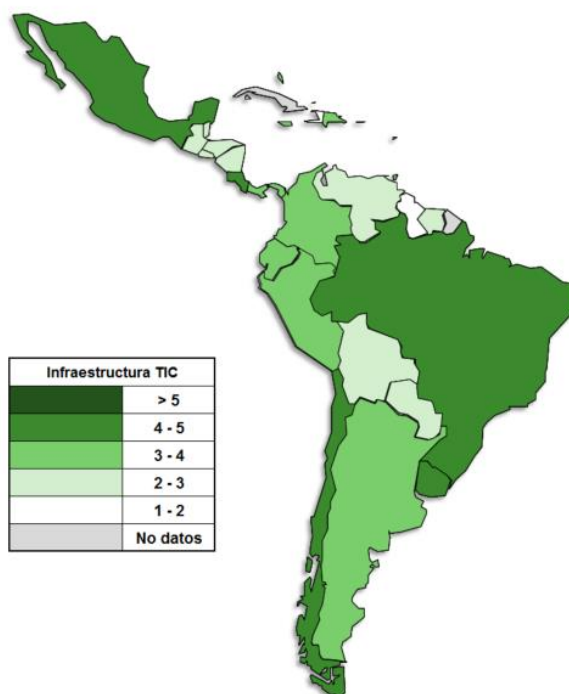


Figura 45. Mapa con la distribución de la puntuación en Infraestructura TIC

⁶⁹ Fuente: World Economic Forum 2015

La siguiente gráfica muestra la puntuación de los países en lo referente a despliegue de infraestructura TIC.

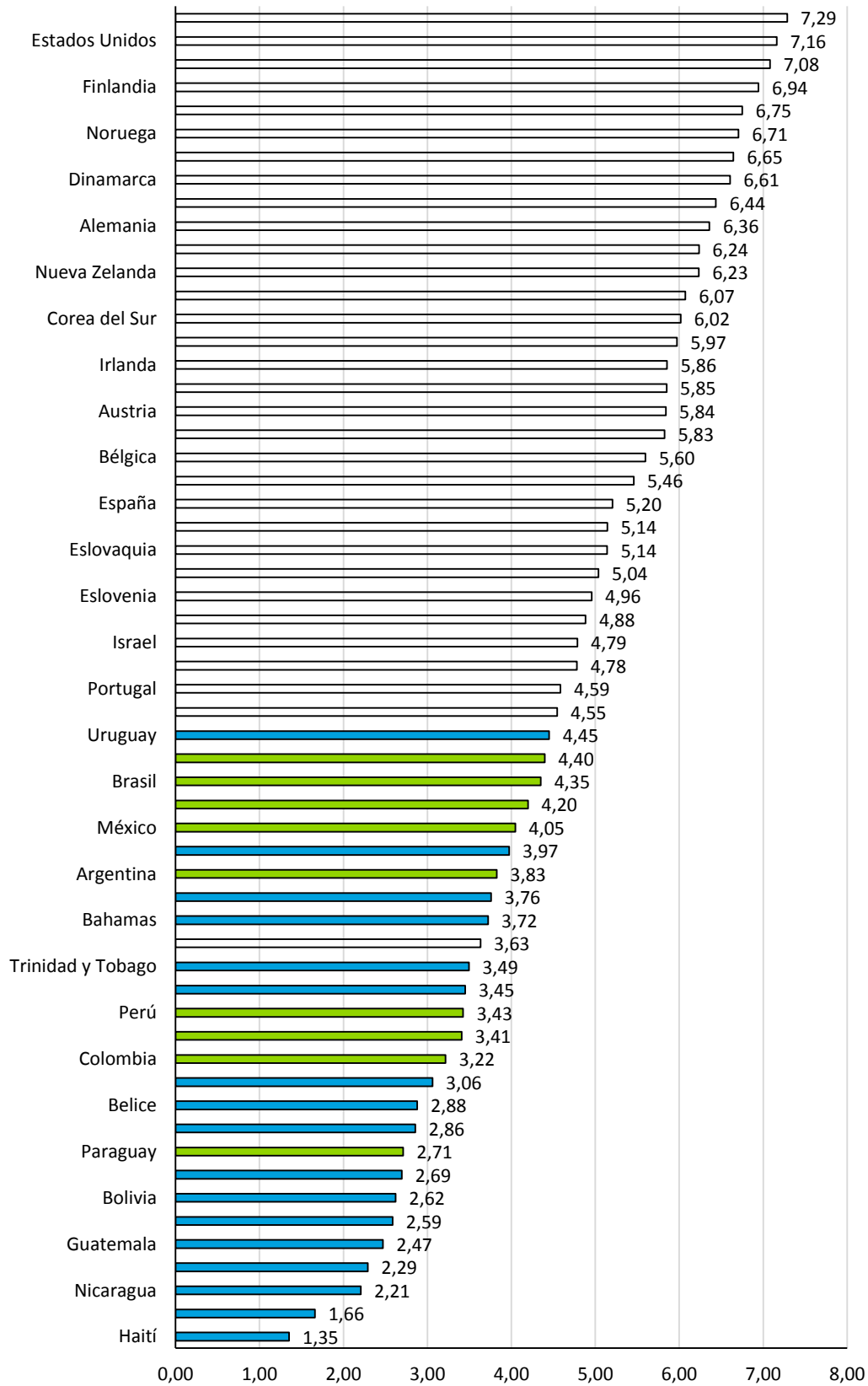


Figura 46. Clasificación y puntuación en la barrera de Infraestructura TIC

3.2.2 Adecuación del marco regulatorio

El marco regulatorio y de políticas públicas debe tener como uno de sus focos de actuación, la promoción del desarrollo del IoT, permitiendo maximizar y acelerar la obtención de beneficios resultados de las nuevas soluciones a la vez que garantizar la seguridad y protección del usuario en las mismas.

La regulación y legislación relativa a las TIC muestra que LAC y los países que lo conforman no están tan lejos de los estándares marcados por la OCDE, según datos difundidos por el WEF.

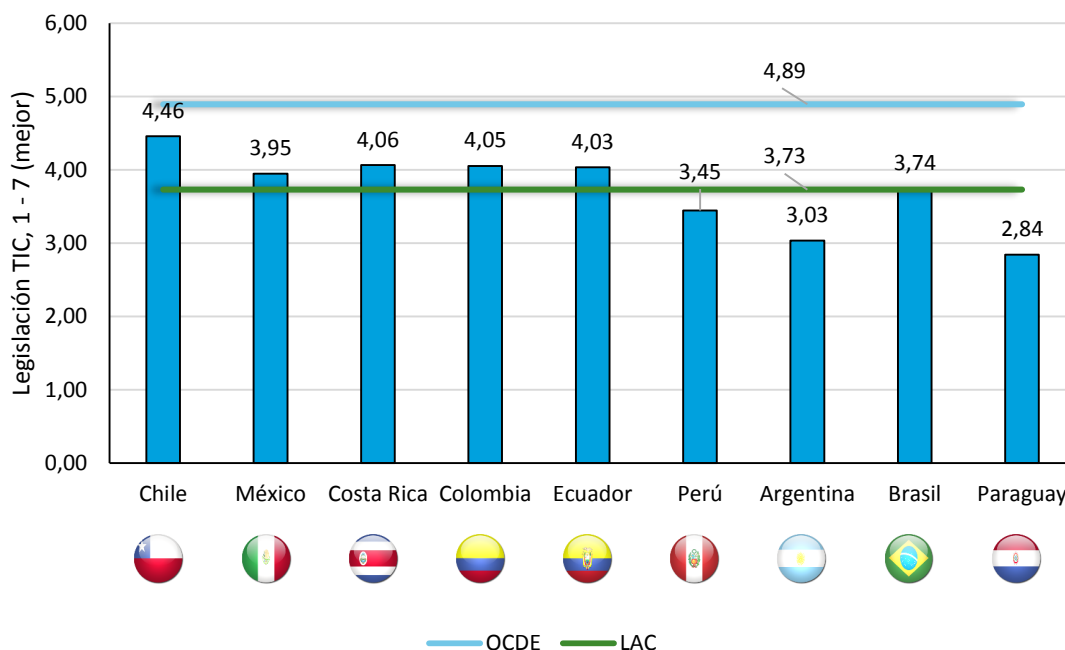


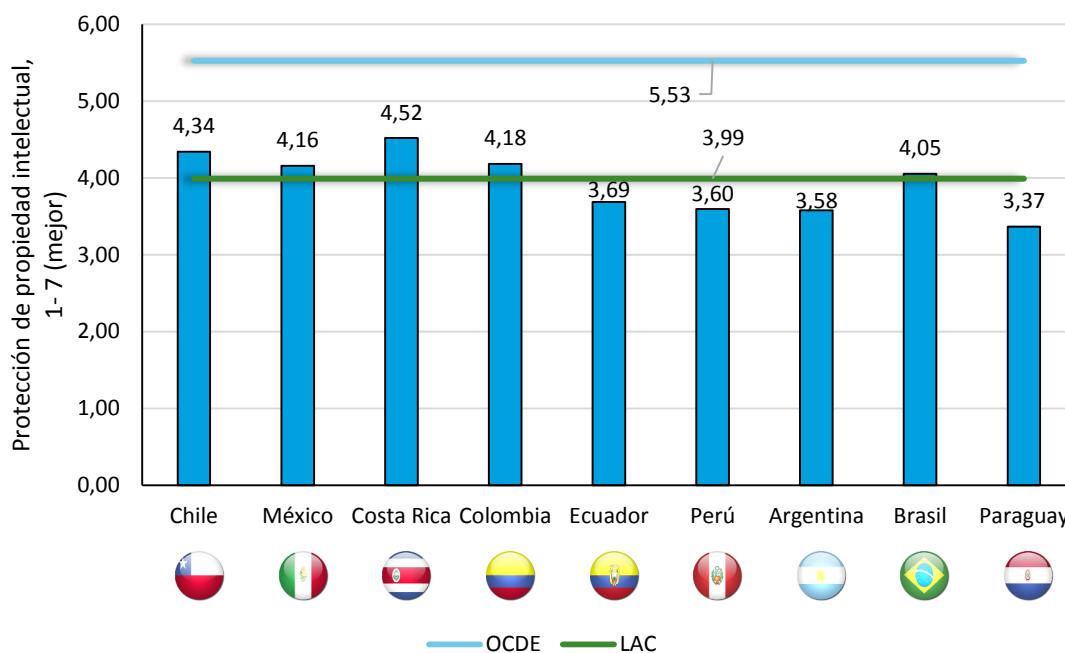
Figura 47. Legislación relativa a las TIC⁷⁰

Más allá del marco regulatorio general en torno a la inversión y creación de empresas y las TIC, existen diversos aspectos con especial impacto en el segmento IoT como la regulación en torno a la protección de datos, la propiedad intelectual y la Ciberseguridad.

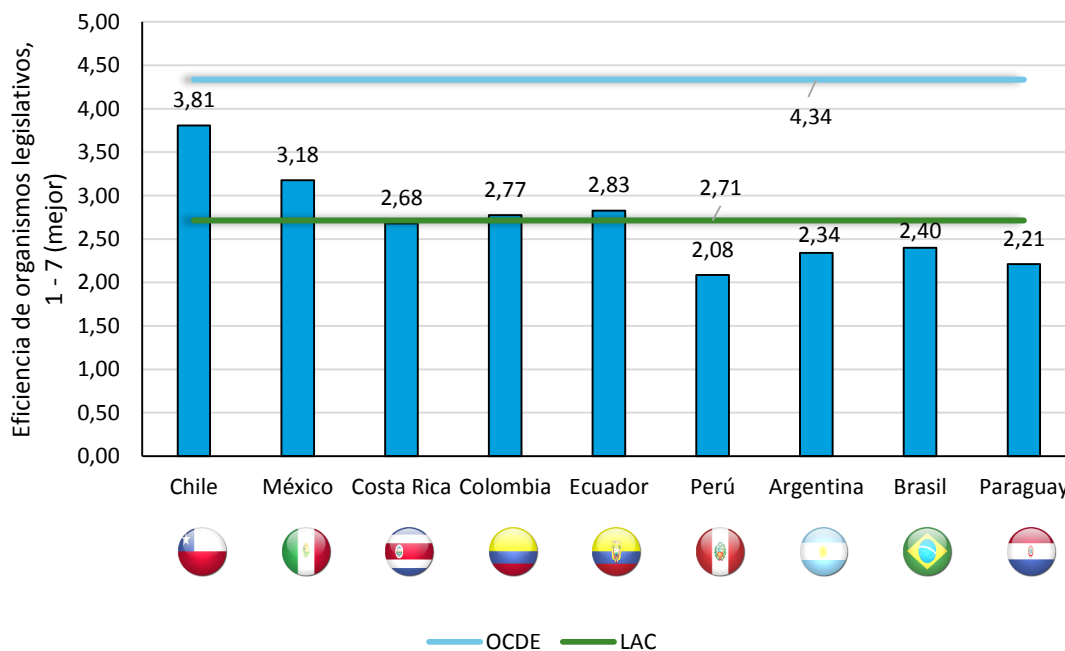
En este sentido la región presenta retos en la legislación de ciberseguridad pues, de acuerdo con el Global Cybersecurity Index, 30 puntos porcentuales separan la media de la OCDE de la de LAC.

Por otro lado, respecto a la protección de la propiedad intelectual, la encuesta realizada por el WEF refleja cómo las diferencias entre LAC y la OCDE no son demasiado grandes, lo cual queda reflejado en la gráfica a continuación. Costa Rica, Chile, Colombia y México son referentes en este aspecto, para el resto de países en la región.

⁷⁰ Fuente: World Economic Forum, Networked Readiness Index 2016

Figura 48. Protección de la propiedad intelectual⁷¹

Donde se pueden encontrar mayores diferencias, es en el indicador que refleja la eficiencia de los organismos legislativos. Tanto la OCDE como LAC ven disminuida su puntuación en el índice creado por la WEF.

Figura 49. Eficiencia de organismos regulatorios⁷²

⁷¹ Fuente: World Economic Forum, Global Competitiveness Index 2017

⁷² Fuente: World Economic Forum, Networked Readiness Index 2016

Sin embargo, se puede observar como el gap entre las medias se agranda, esto denota la necesidad de mejora en eficiencia legislativa en LAC. La reducción de tiempos en procesos burocráticos o la de trabas por parte de organismos públicos serían buenas prácticas para acometer los problemas encontrados en esta barrera. Otra buena práctica sería la adopción de Normas Nacionales para la obtención de permisos de implantación de infraestructuras en lugar de procelosas y variadas normativas locales.

La siguiente figura muestra la distribución de la puntuación de los países de la región. Para formarla se han tomado en consideración los indicadores expuestos anteriormente, además de otros involucrados en el estudio.

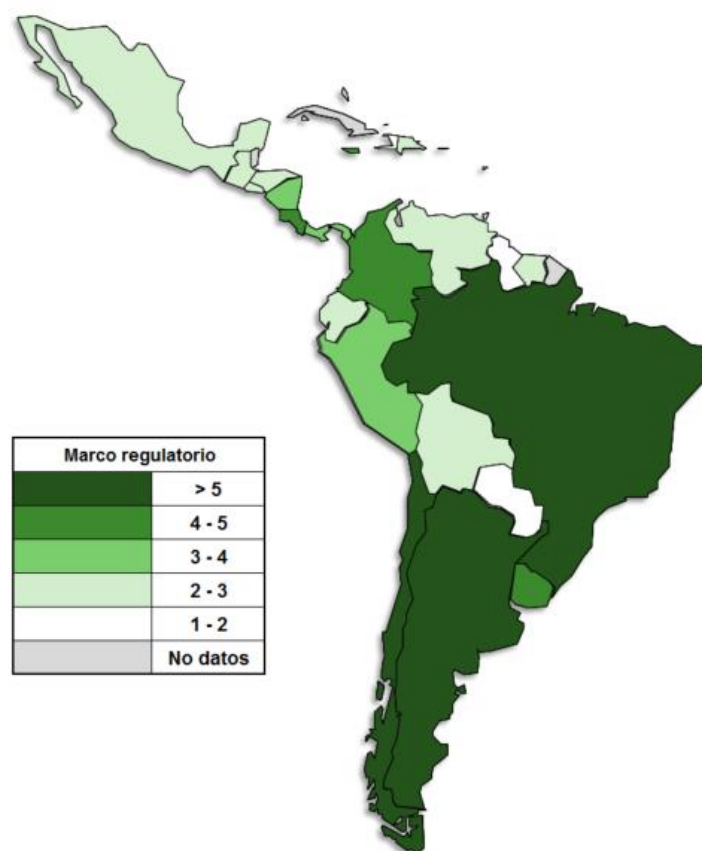


Figura 50. Mapa con la distribución de la puntuación en Regulación

Argentina y Chile se encuentran destacados, por encima de varios países de la OCDE, en materia de regulación. Es una de las barreras en las que LAC aparece más igualada a la OCDE. México es el país que más necesita incidir sobre esta barrera.

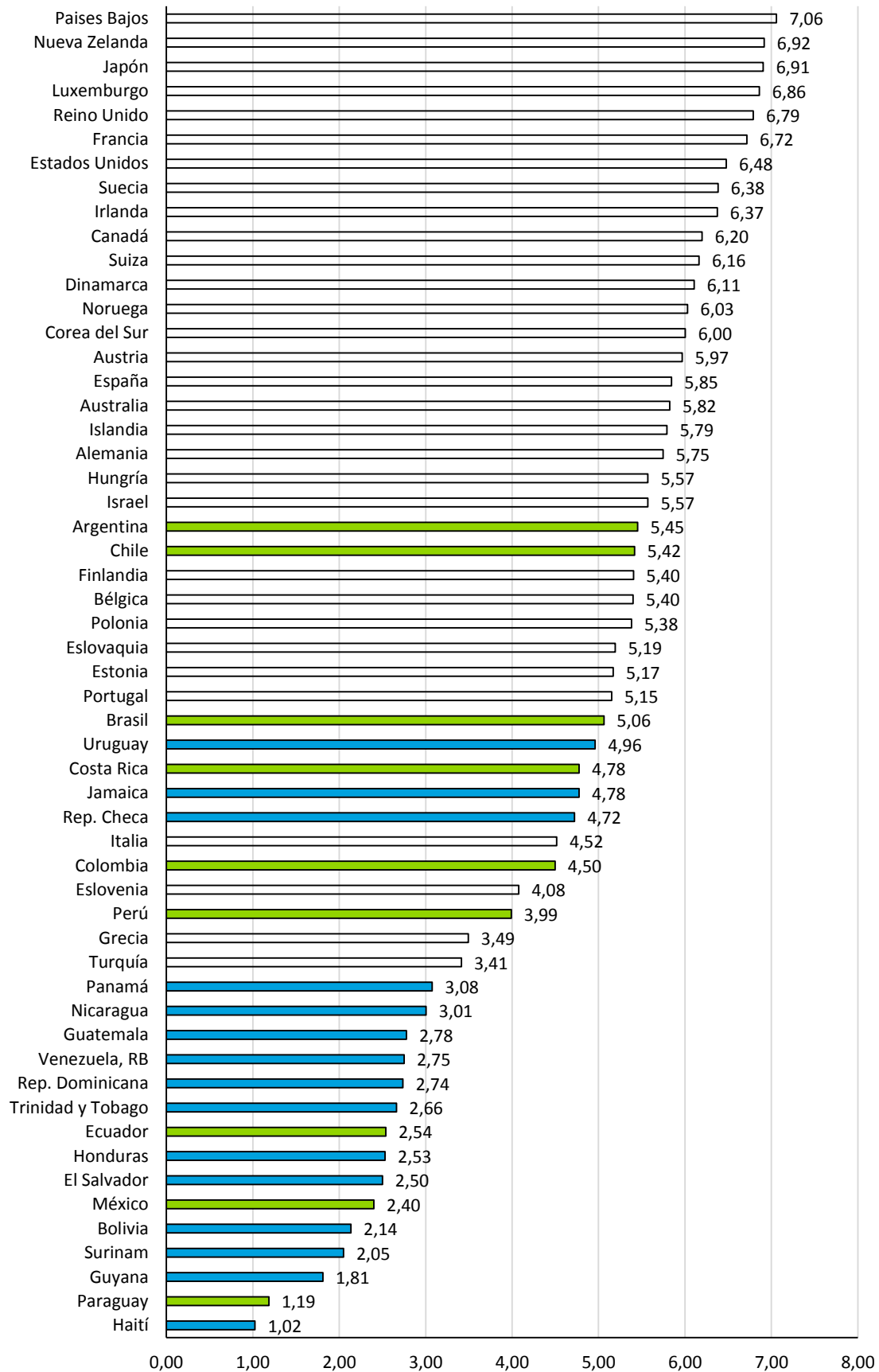


Figura 51. Clasificación y puntuación en la barrera de Regulación

3.2.3 Capacidad de innovar como palanca para el desarrollo económico

La innovación es una de las barreras clave en la que los países deben centrarse para ser capaces de avanzar y desarrollar las capacidades tecnológicas y empresariales principales.

Alcanzar soluciones innovadoras, en el ámbito empresarial, puede beneficiar en la calidad y eficiencia de los procesos y soluciones. Por este motivo, es de gran importancia que una parte de los fondos de un país sea destinada a la innovación.

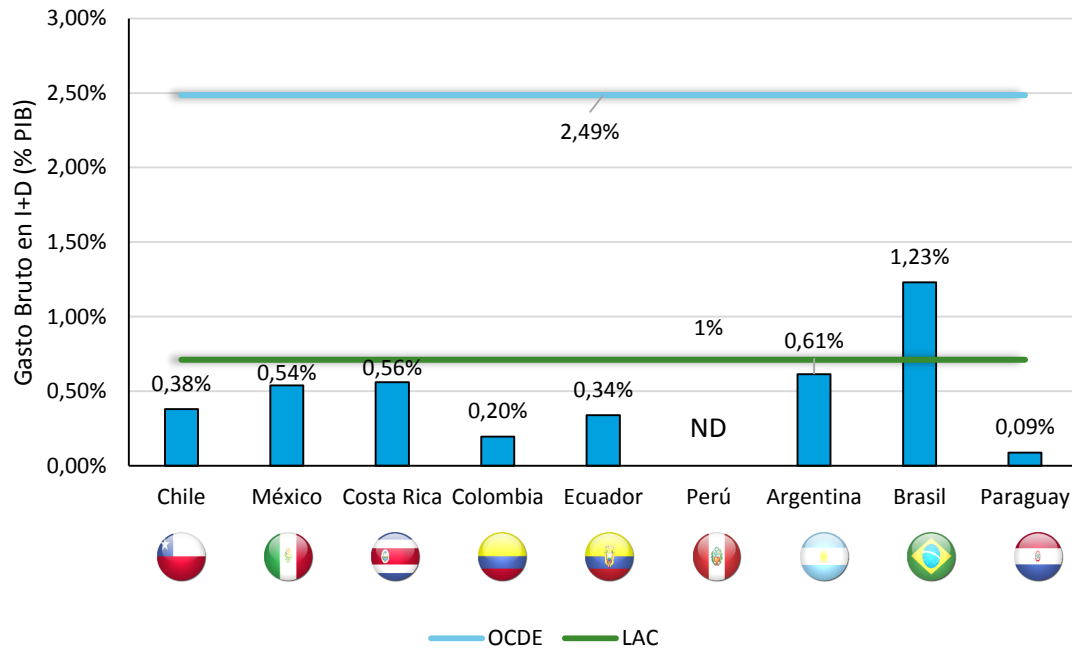


Figura 52. Gasto bruto en I+D⁷³

Exceptuando Brasil, que supera con creces el gasto bruto en I+D de la media en la región, el resto de países se mantiene aún por debajo del 0.7%. En cualquier caso, tanto los datos de Brasil, como la media obtenida en LAC, se encuentran por debajo de los presentados por los países pertenecientes a la OCDE, con un gasto más del doble en innovación que los países en América Latina.

La capacidad de innovar de un país se puede evaluar, también en base a la cantidad de personas, proyectos y procesos dedicados a la investigación y desarrollo de productos antes inexistentes. Un ejemplo, es el número de investigadores en materia de innovación:

⁷³ Fuente: Banco Mundial 2014

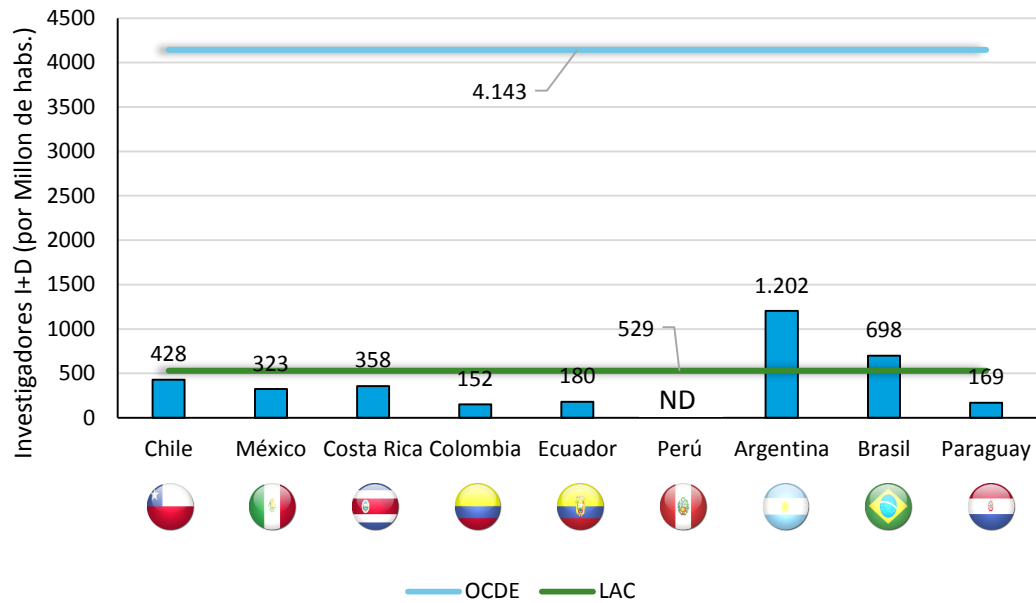


Figura 53. Investigadores en I+D⁷⁴

La siguiente figura muestra el mapa de calor de la región para la barrera que considera la capacidad para innovar.

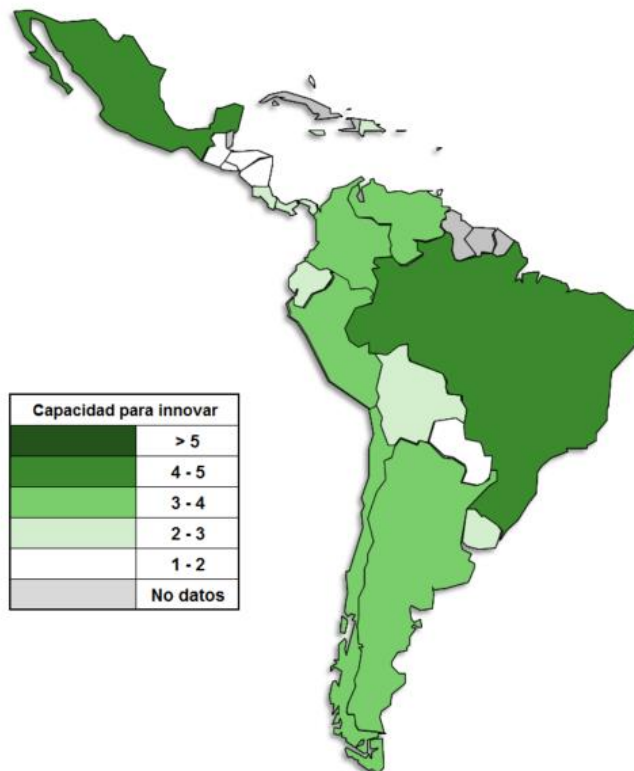


Figura 54. Mapa con la distribución de la puntuación en Capacidad de innovar

Brasil muestra una gran ventaja respecto a países vecinos como México, Argentina o Chile, en lo que a capacidad de innovar respecta. Los países más rezagados del grupo bajo estudio, son Costa Rica y Ecuador.

⁷⁴ Fuente: Banco Mundial 2010 - 2014

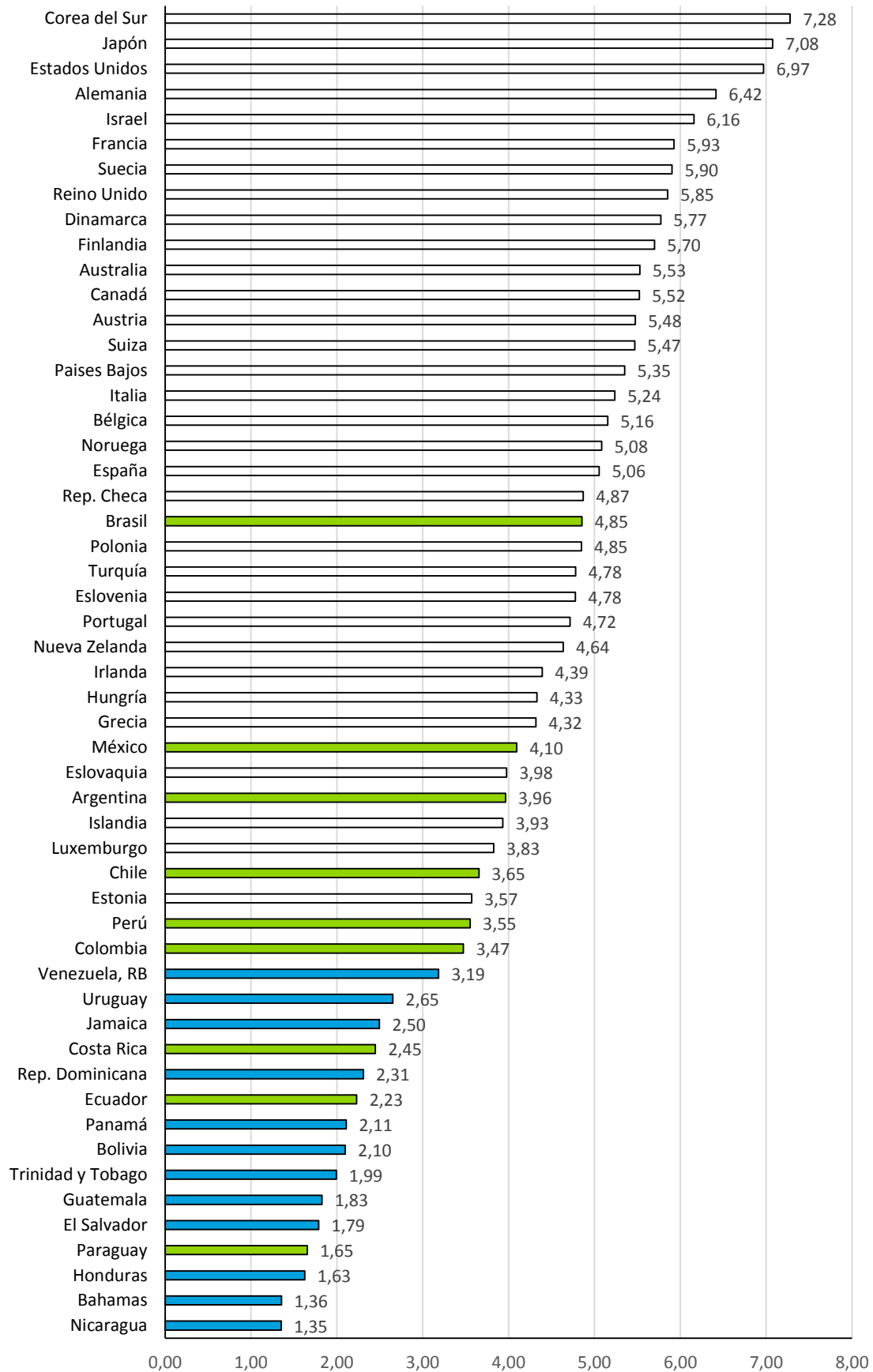


Figura 55. Clasificación y puntuación en la barrera de Capacidad de innovar

3.2.4 Situación política y económica

La estabilidad y situación que vive un país es un aspecto clave a la hora de implantar cualquier sistema o cambio relevante dentro de la actividad empresarial.

De forma inevitable, la situación macroeconómica y la visión de la parte pública del estado se constituyen como aspectos fundamentales para el desarrollo del ecosistema de IoT. La falta de un marco regulatorio y económico claro y previsible que facilite la creación y operación de negocios limitan la atracción de inversión y, con ello, el desarrollo de nuevas tecnologías como el IoT.

El Banco Mundial analiza el entorno regulatorio para el desarrollo de negocios en la región. Chile y Costa Rica se posicionan en las primeras posiciones dentro de la región.

Es importante, por tanto, analizar cómo son vistos los organismos públicos y gobierno, además de posibles tasas de vandalismo y criminalidad, las cuales podrían afectar en gran medida en la implantación de un sistema con el IoT, en el que se necesita una gran cantidad de sensores y dispositivos predispuestos a lo largo de un cierto espacio.

La siguiente gráfica, muestra la situación política de LAC respecto a la OCDE.

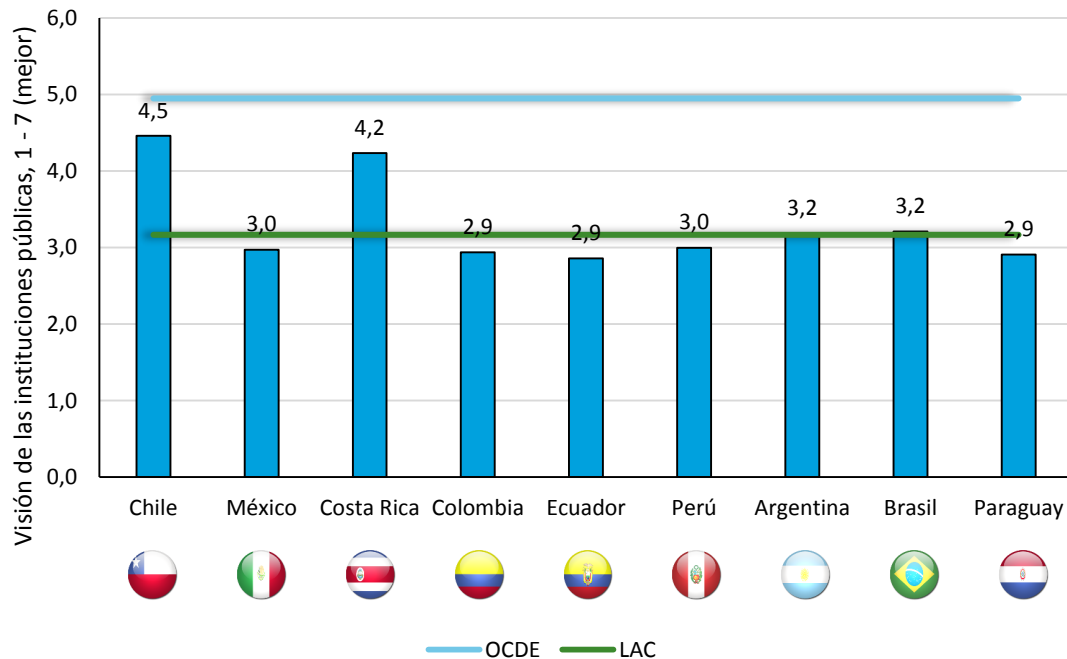


Figura 56. Visión de las instituciones públicas⁷⁵

Como se puede apreciar, solamente Costa Rica y Chile adquieren una puntuación equiparable a la de la OCDE. Por lo tanto, la mejora en materia de política, permitiría construir la base primordial sobre la que se podría sustentar cualquier sistema.

⁷⁵ Fuente: Global Competitiveness Index 2017, WEF

Según el informe de la OCDE, “Perspectivas económicas de América Latina 2017”⁷⁶, la mayoría de latinoamericanos declaran estar muy poco o poco satisfechos con el funcionamiento de la democracia en su país.

Por otro lado, en los países pertenecientes a la OCDE, el 40% de los consultados confiaban en la democracia. Este dato se ha visto reducido notablemente, desde 2007, debido a la crisis económica mundial.

En cuanto a estabilidad económica, es de recibo estudiar cómo se registran los impuestos y contribuciones empresariales en un año fiscal, también la carga administrativa asociada al pago, así como el procedimiento posterior a la declaración de los mismos. De este modo, conseguimos evaluar el proceso de pago de impuestos por parte de las empresas en cada país.

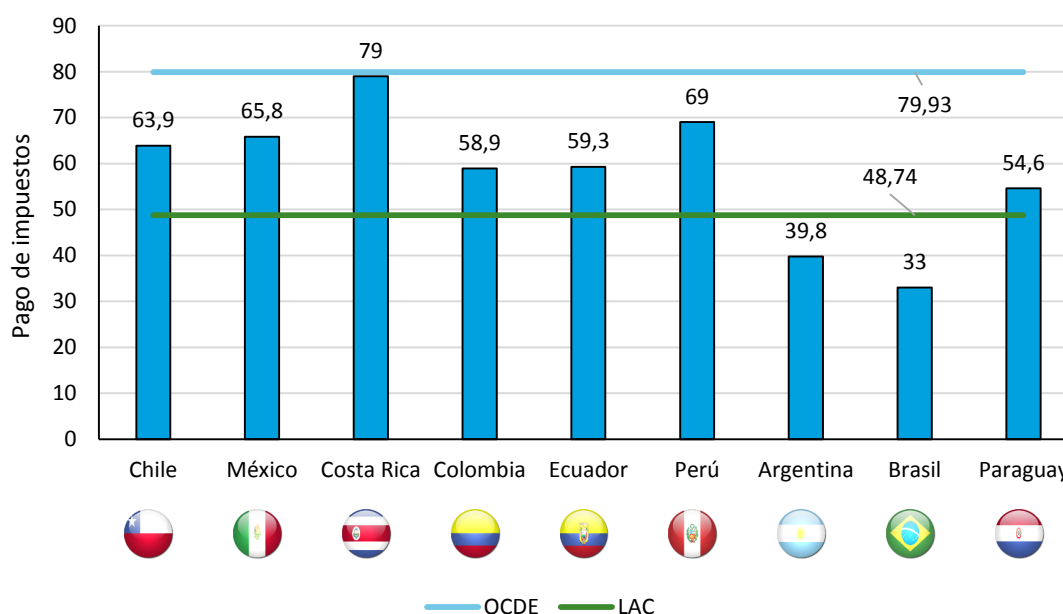


Figura 57. Facilidades en el proceso de pago de impuestos⁷⁷

Se observa cómo, siguiendo la línea marcada en el resto de indicadores que conforman esta barrera, Costa Rica es una referencia en la región, alcanzando niveles solo comparables con los países de la OCDE. Brasil y Argentina son los países con peor puntuación respecto a este indicador, ambos se encuentran por debajo de la media América Latina.

De igual forma, se ha creído necesario medir los puntos débiles de las legislaciones en cuanto a la muestra de insolvencia por parte de las empresas, así como los cuellos de botella procedimentales y administrativos en los procesos referentes a la misma. Por este motivo se ha reflejado el indicador que mide la facilidad para resolver insolvencias. Costa Rica, en este caso, y Ecuador se encuentran rezagados respecto al resto de países estudiados. Por el contrario, México y Colombia destacan en soluciones relacionadas con este tipo de procesos.

⁷⁶ Fuente: https://www.oecd.org/dev/americas/E-book_LEO2017_SP.pdf

⁷⁷ Fuente: Banco Mundial; “Ease of Doing Business Index 2017; Equal Opportunity for All”.

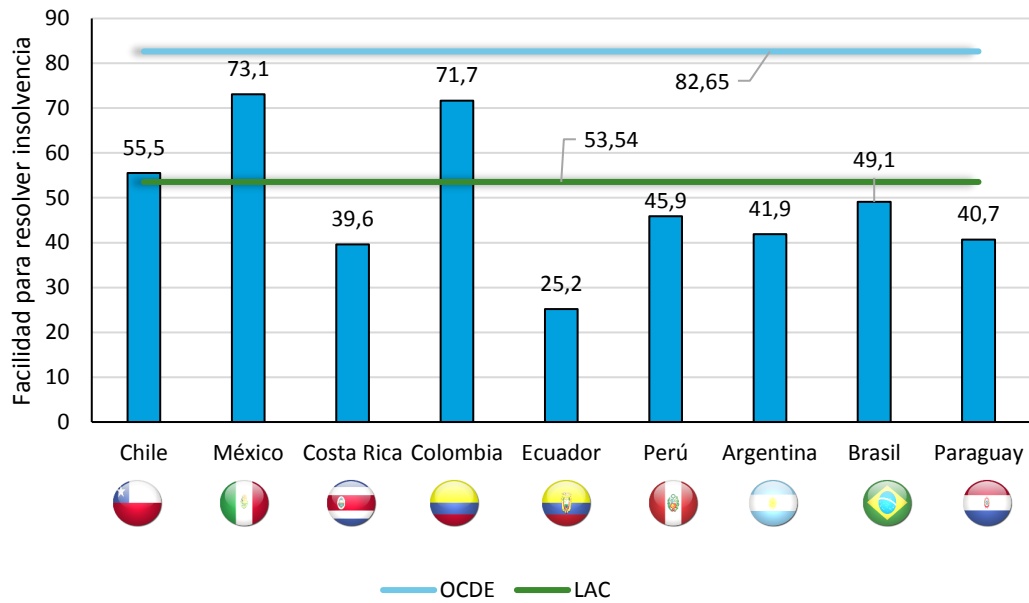


Figura 58. Facilidades en el proceso de resolución de insolvencias⁷⁸

En el mapa, a continuación, se muestran los resultados en cuanto a la barrera que contabiliza la estabilidad política y económica.

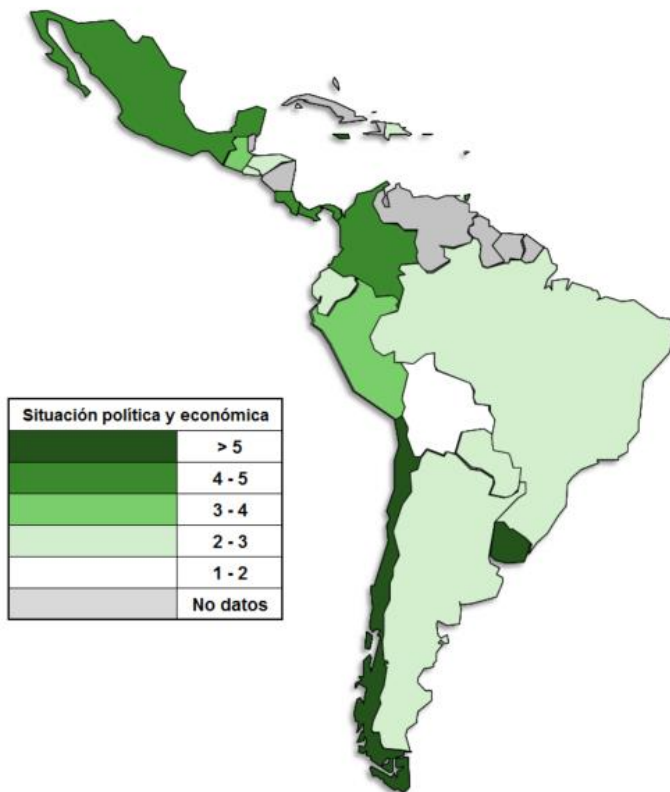


Figura 59. Mapa con la distribución de la puntuación en "Situación política y económica"

La escasez de datos hace, en algunos casos, complicada la comparativa entre países, sin embargo, Chile, Jamaica y Uruguay representan la cabeza de la región. Brasil y Ecuador son los peor posicionados, solo por encima de Bolivia.

⁷⁸ Fuente: Ibidem

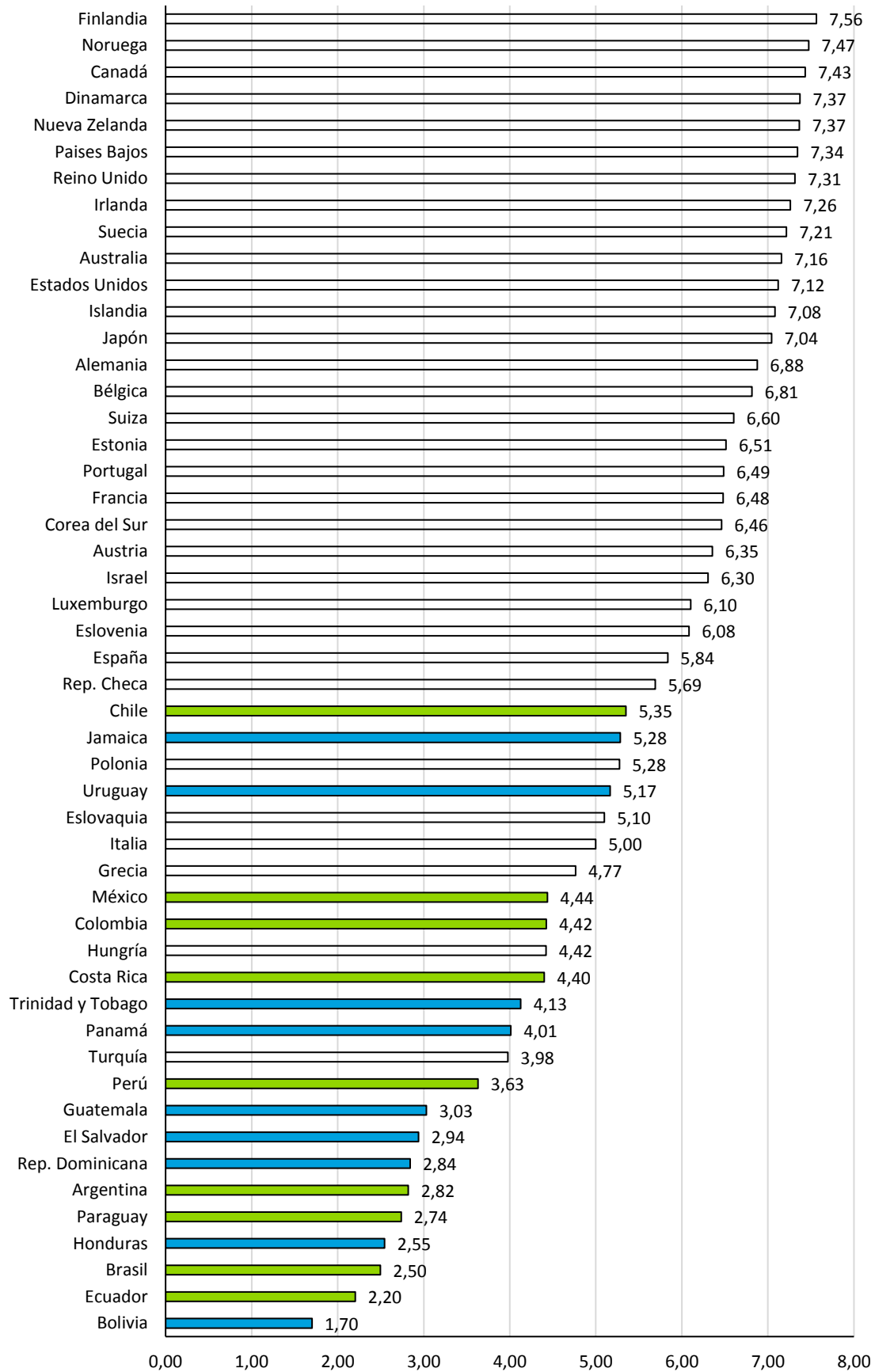


Figura 60. Clasificación y puntuación en la barrera de Situación política y económica

3.2.5 Adopción de tecnologías en empresas

Más allá de la adecuación regulatoria o de la implementación de políticas públicas para el desarrollo del IoT, la adopción de tecnologías es la base para la adopción de tecnologías emergentes, entre otras, el IoT.

La región se encuentra rezagada en la adopción de nuevas tecnologías, tal como muestran diversos indicadores a nivel internacional. Aspectos como la adopción de *Cloud (Nube)*, *Big Data* o el uso de general de TIC en el segmento empresarial son una barrera a la implementación de soluciones más innovadoras.

La inversión en tecnologías en la región es claramente menor a la observada en la OCDE. En base a datos del índice de Huawei, la región invierte en el desarrollo de tecnologías *Big Data*, aun reacia a la inversión en IoT y *Cloud*.

La inversión en *Big Data*, aunque superior, es más pareja en países de la OCDE y EE.UU. Estos indicadores remarcan a su vez el desarrollo aún limitado del IoT frente a otras tecnologías donde el segmento empresarial está teniendo mayor foco.

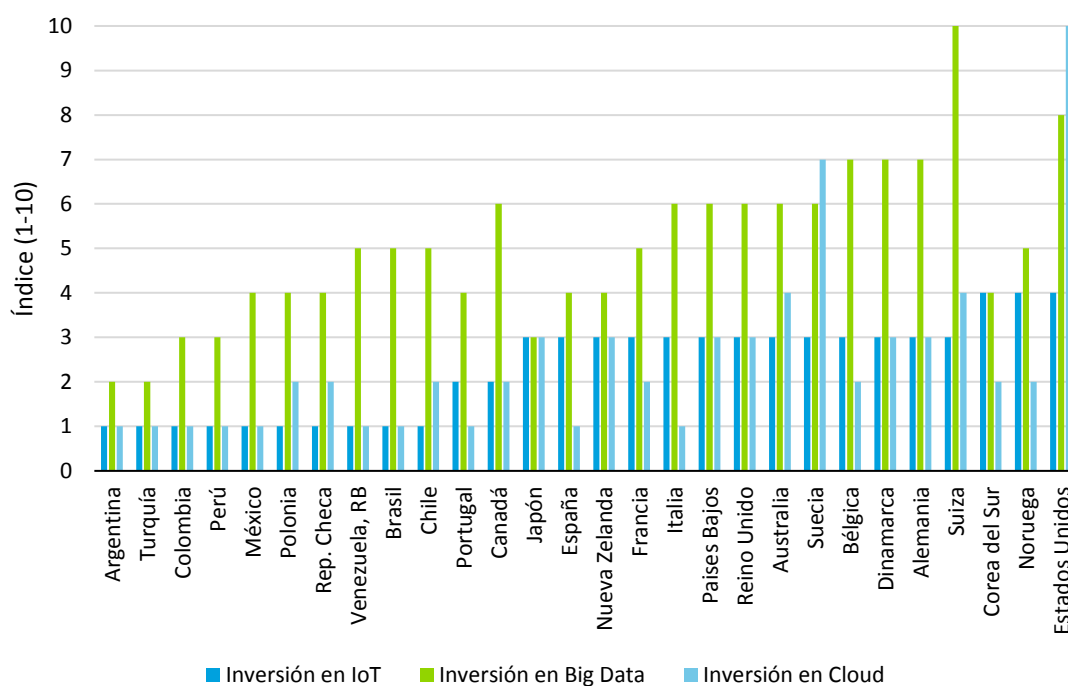


Figura 61. Inversión en nuevas tecnologías⁷⁹

De forma general, la adopción de tecnologías TIC o emergentes muestra un crecimiento lento en la región.

⁷⁹ Fuente: Huawei, 2017. Global Connectivity Index

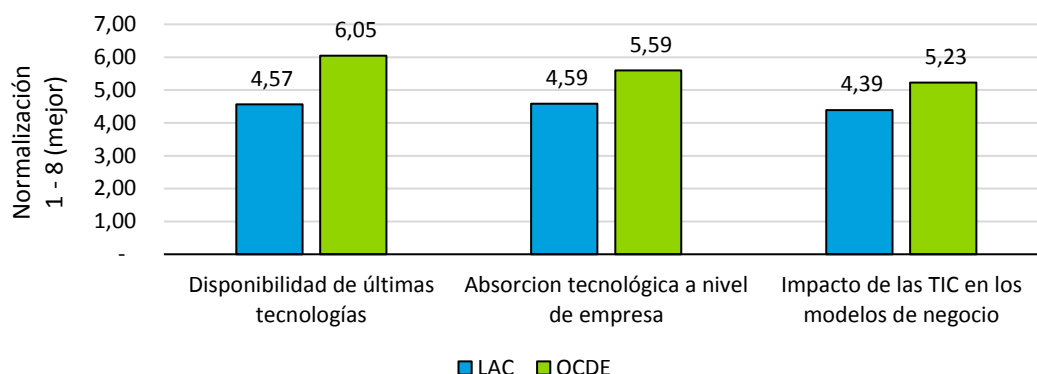


Figura 62. Indicadores comparativos en relación a la adopción de tecnologías en el sector empresarial⁸⁰

Tecnologías maduras, como el uso del *Cloud*, presentan aún una adopción menor en la región. En base a datos de Gartner, la inversión en servicios *Cloud* en 2015 como porcentaje del PIB en países de la región fue la mitad o menor a la inversión observada en líderes mundiales.

Country	Gasto (% PIB)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina	0.0004	297	237	272	319	373	433	503
Brasil	0.0008	2,629	2,915	3,700	4,320	5,096	5,995	7,063
México	0.0005	999	1,055	1,246	1,515	1,809	2,170	2,578
Corea	0.0017	2,932	3,378	4,023	4,853	5,790	6,863	8,090
EE.UU.	0.0058	103,707	124,791	148,448	174,352	201,286	230,907	262,358
Reino Unido	0.0062	16,745	17,471	19,049	21,924	25,147	28,827	33,029

Tabla 5. Gasto usuarios finales en servicios de *Cloud* pública⁸¹

La digitalización, entendida como el uso de tecnologías para el cambio en los modelos de negocio y la generación de nuevos ingresos, demanda de la tecnología. El IoT no se desarrolla como solución aislada, sino como un elemento en un ecosistema digital completo. De esta forma, su desarrollo va asociado a la adopción de Internet y servicios de conectividad y a la implementación de soluciones de *Cloud*, servicios TIC y herramientas analíticas.

La adopción de tecnologías más maduras hace entrever la capacidad de la región para la adopción de tecnologías emergentes y, con ello, la necesidad de adecuar políticas públicas y objetivos empresariales para recuperar el ritmo de adopción imperante a nivel global.

El mapa de calor que sigue muestra la situación de los países de América Latina respecto a la adopción de nuevas tecnologías en empresas. Se observa, que en general, la puntuación es baja, por tanto, podemos identificar esta barrera como una de las más críticas a la hora de evaluar las posibilidades de la opción de tecnología IoT por empresa en la región.

⁸⁰ Fuente: Network Readiness Index (NRI), World Economic Forum 2017

⁸¹ Fuente: Gartner, 2017. Forecast: Public *Cloud* Services

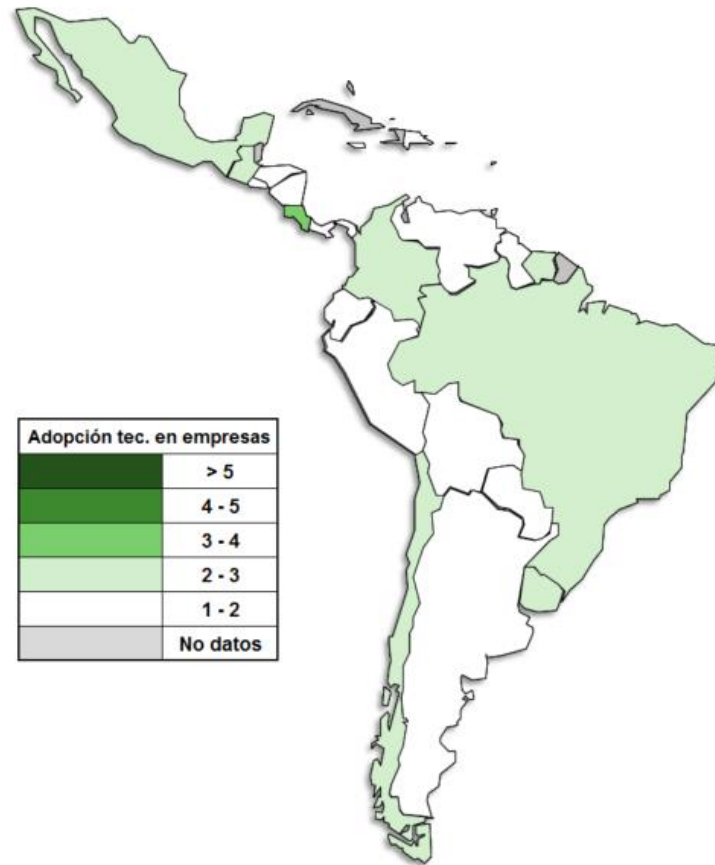


Figura 63. Mapa con la distribución de la puntuación en Adopción de tecnologías en empresas

Esta es la barrera en la que se aprecia mayor contraste entre los países líderes y aquellos más rezagados. Costa Rica, Chile, México y Brasil se muestran a la cabeza de la región.

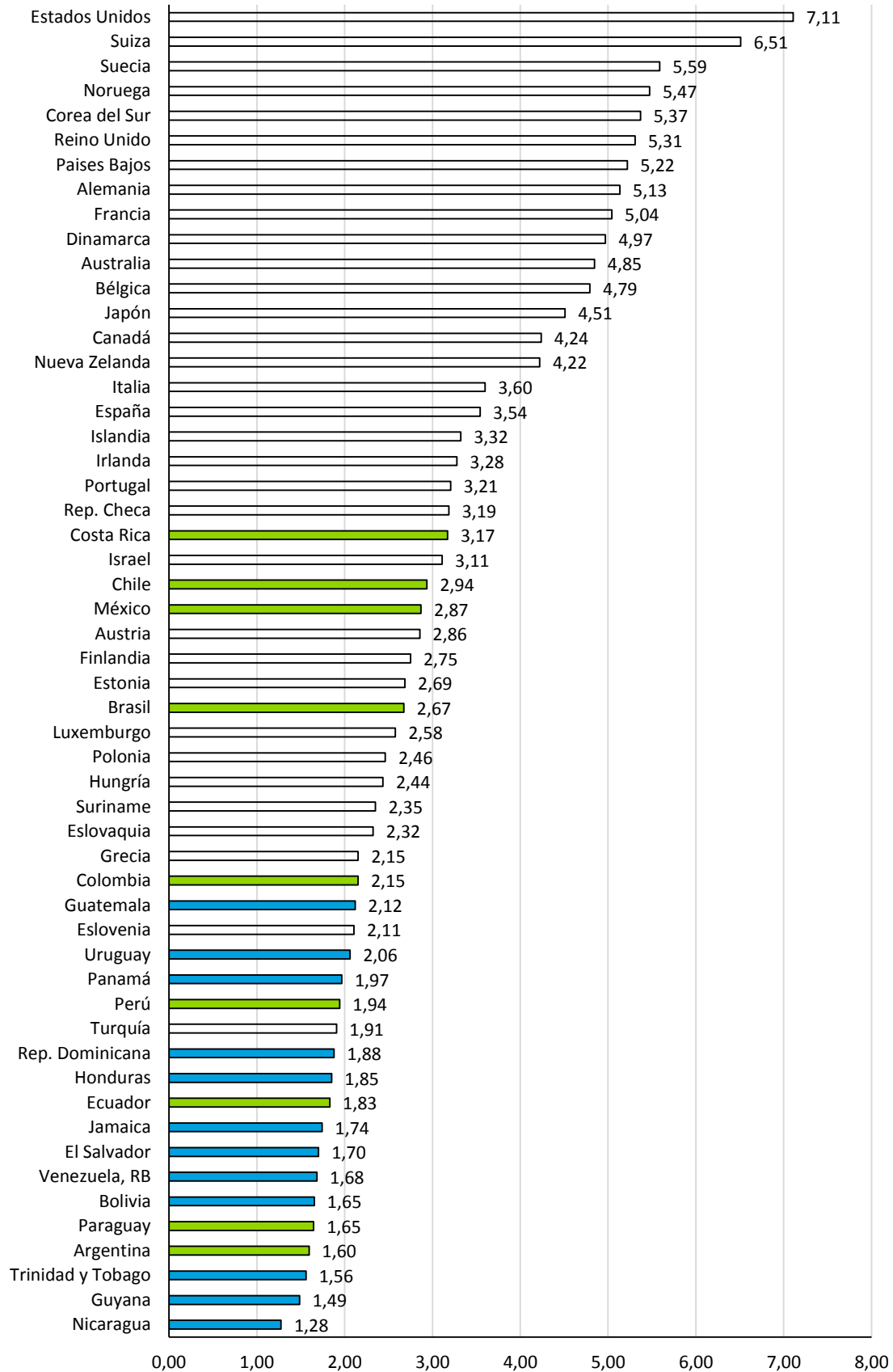


Figura 64. Clasificación y puntuación en la barrera de Adopción de tecnologías en empresas

3.2.6 Habilidades

En el contexto internacional de desarrollo digital y necesidad de nuevo talento asociado, la región requiere adaptarse de la forma más rápida posible a fin de no perder el tren de la digitalización. La disponibilidad de una formación robusta y completa, con foco en ámbitos tecnológicos y científicos (las llamadas carreras STEM) constituye el primer paso para el desarrollo de una generación de profesionales cada vez más preparados en el ecosistema digital.

Chile, México y Colombia lideran el desarrollo de la educación superior, la formación específica y la capacitación digital en la región, con ratios comparables o cercanos a la OCDE; sin embargo, aunque rezagada, la región presenta tasas de matriculación que se aproximan a la media de la OCDE.

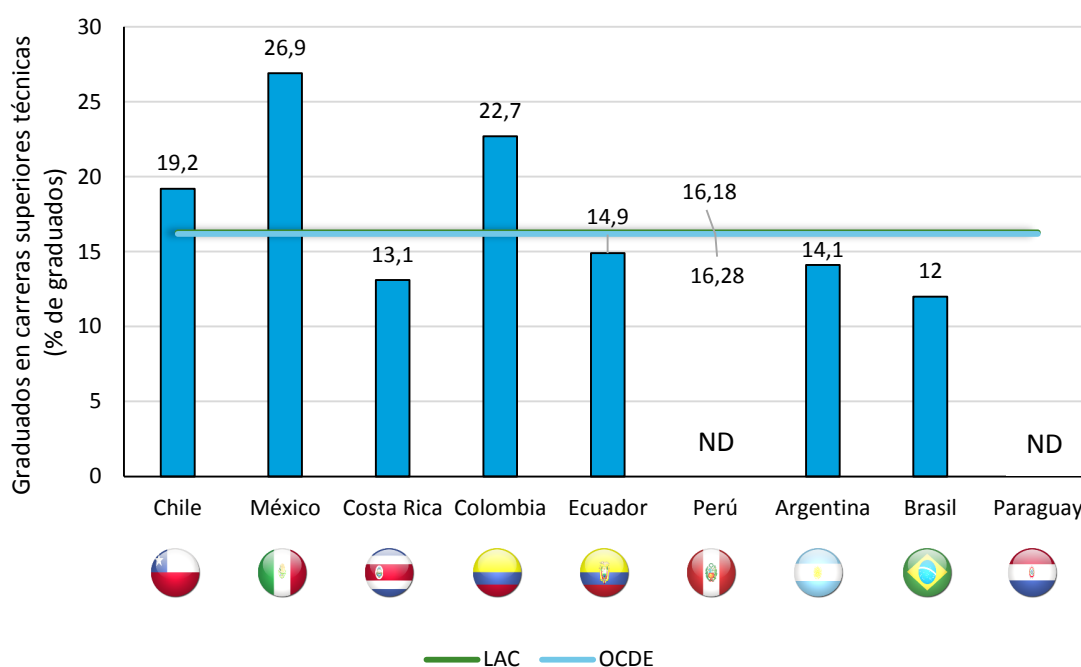
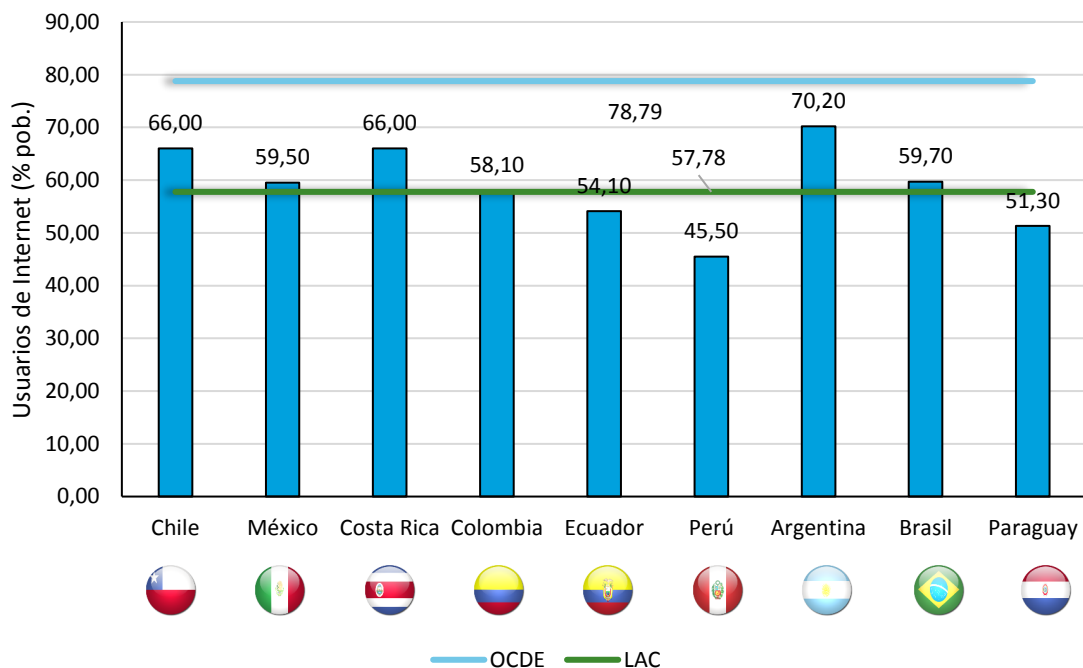


Figura 65. Graduados en carreras superiores técnicas⁸²

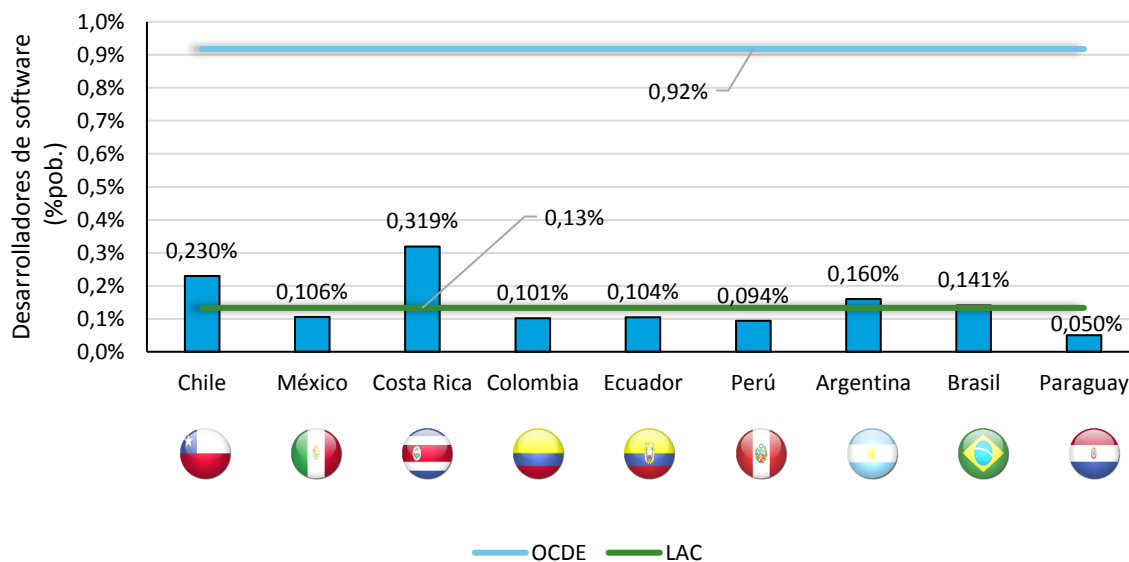
Pueden considerarse como referentes en el desarrollo de talento digital los países nórdicos, Canadá o EE.UU con planes de educación sólidos, estrategias para la creación y atracción de nuevos perfiles y la disponibilidad de centros de investigación. La formación (alfabetización digital y la educación específica), la adopción tecnológica tanto en el segmento empresarial como en el sector público (desarrollo de proyectos de IoT o tecnologías base del IoT) y la creación de redes de conocimiento e investigación son direcciones clave en la capacitación y adquisición de habilidades.

Un dato que refleja lo anterior, es la cantidad de usuarios que emplean Internet. El número de personas usando Internet da una idea de lo capacitados que pueden estar los usuarios de futuras aplicaciones tecnológicas e innovadoras.

⁸² Fuente: Global Innovation Index 2017, based UNESCO online database

Figura 66. Usuarios de Internet⁸³

Se puede observar cómo la mayoría de países de la región se sitúan en torno una media del 60% de las personas. Aún persiste la brecha respecto de la media de la OCDE. Sin embargo, esto puede ser debido a la falta de infraestructura y servicios innovadores y tecnológicos. Otro aspecto que refleja la dedicación o las aptitudes que tienen los habitantes de un país en lo relativo a las habilidades más técnicas, es el porcentaje de desarrolladores existente.

Figura 67. Desarrolladores software⁸⁴

⁸³ Fuente: Measuring the Information Society Report 2017, ITU.

⁸⁴ Fuente: Elaboración propia en base a datos de Stackoverflow 2016 y Banco Mundial 2016

La región se encuentra rezagada respecto a la OCDE. Se aprecia cómo Costa Rica y Chile son los países que concentran un mayor número de personas con interés en el desarrollo software.

Los referentes mundiales en este sentido son los países del norte de Europa (Dinamarca, Suecia, Noruega e Islandia).

La siguiente figura muestra la distribución geográfica de la puntuación obtenida por los países de América Latina en la barrera que mide las habilidades sociales respecto a nuevas tecnologías.

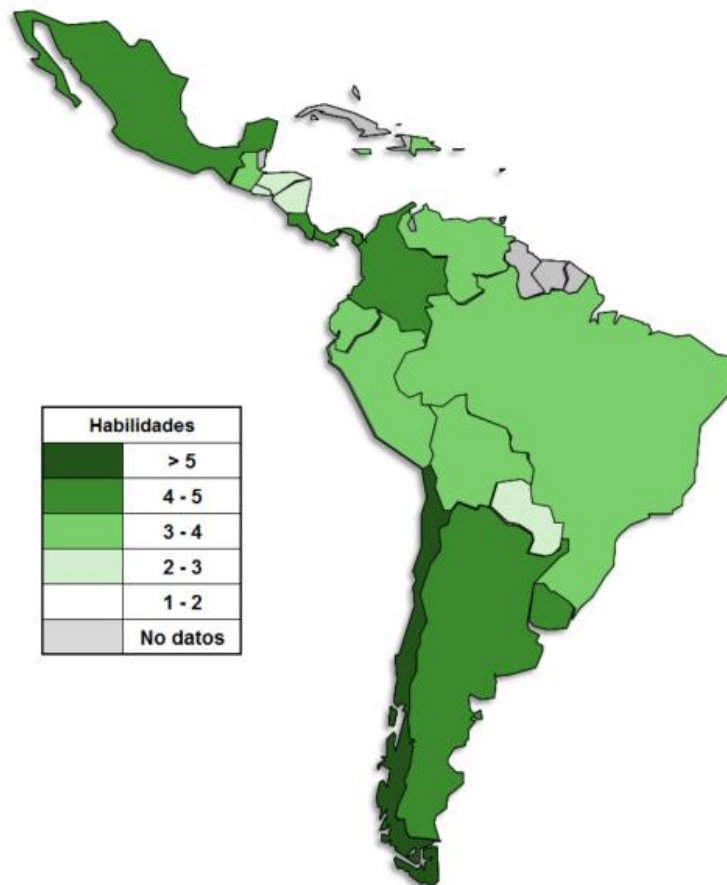


Figura 68. Mapa con la distribución de la puntuación en Habilidades

Chile, es el primer país de los considerados en el estudio para los resultados obtenidos en la barrera de Habilidades. Brasil y Ecuador, obtienen las puntuaciones más bajas del grupo de países de interés (aquellos que conforman el 90% del PIB de la región, además de Costa Rica).

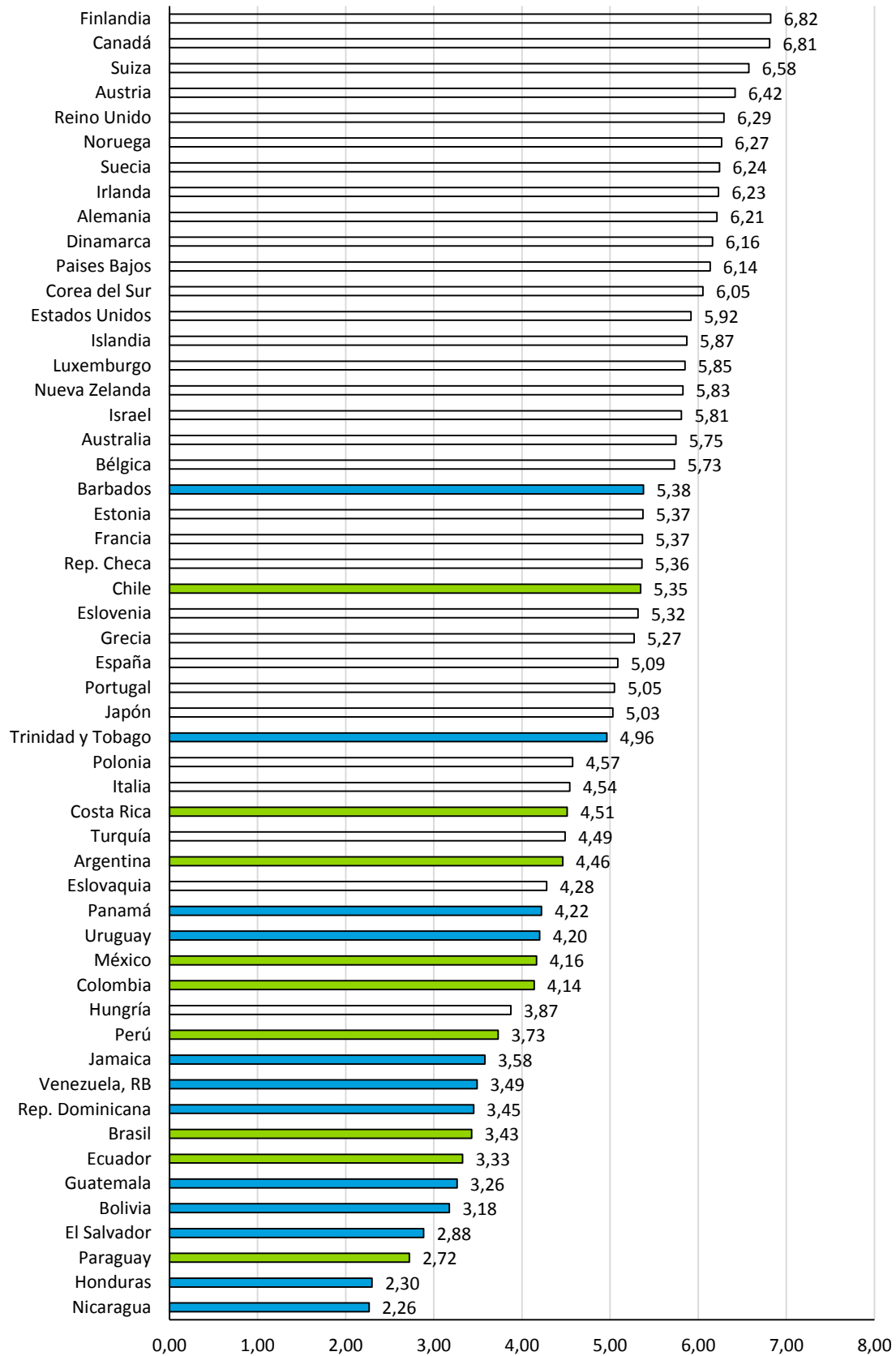


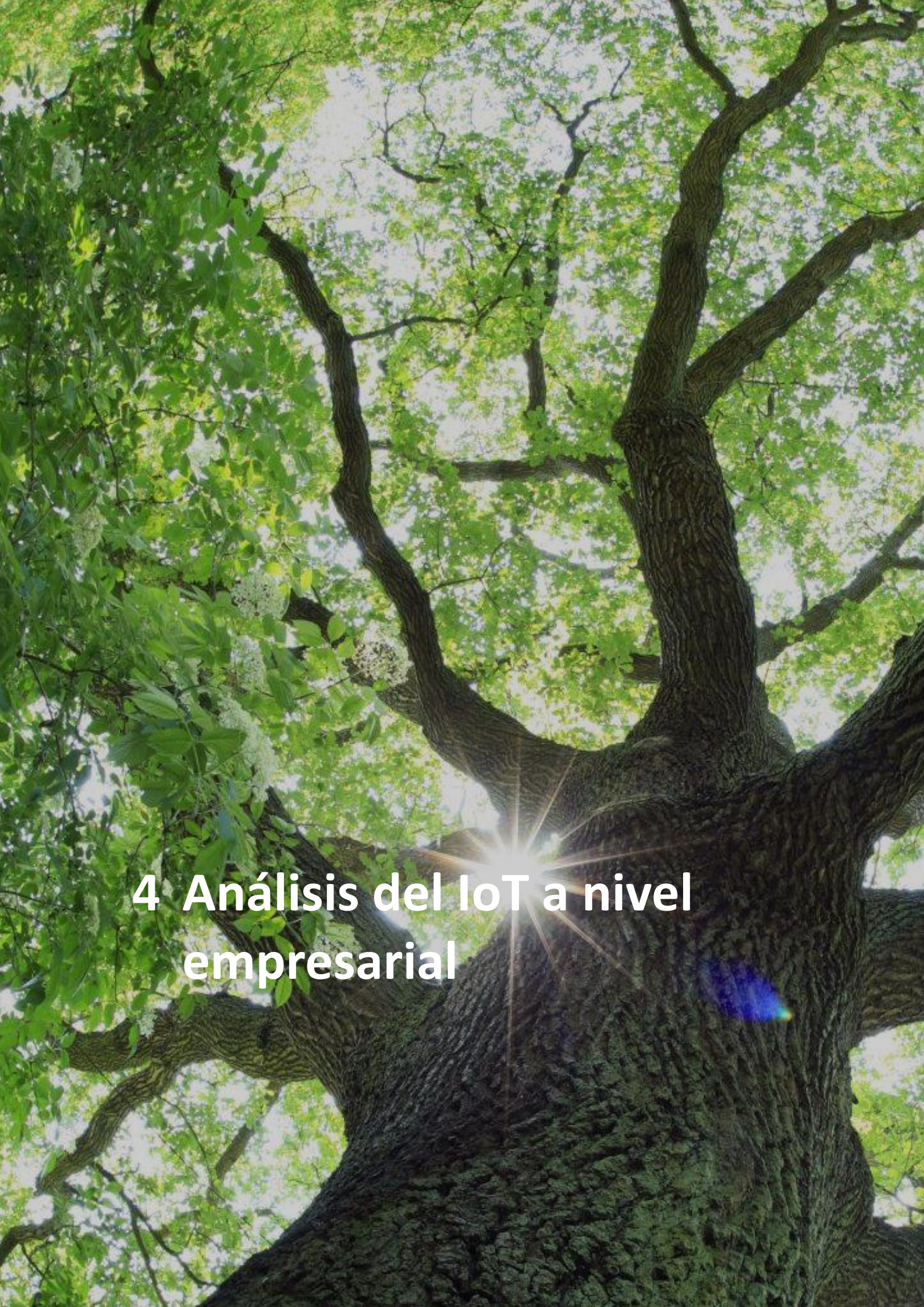
Figura 69. Clasificación y puntuación en la barrera de Habilidades

3.3 CONCLUSIONES

Diversas conclusiones se desprenden del análisis de las barreras para la adopción del IoT empresarial en América Latina y la correspondiente comparativa con la OCDE:

- En general, la media de los países que conforman la OCDE es superior a la media de los países que forman parte de LAC, para todas las barreras analizadas.
- Si se toma la puntuación de la OCDE como referencia para evaluar la situación que atraviesan los países de LAC:
 - Se observa que las barreras que en LAC se encuentran más cerca de los países de la OCDE, son aquellas que atañen al marco regulatorio y habilidades. Estas dos barreras pueden ser vistas como la palanca en la que basar el impulso para reducir el gap existente entre ambas.
 - El principal punto de mejora, se identifica en la barrera de adopción de tecnologías en las empresas, en el que tres puntos del índice separan ambos grupos de países. Esta barrera supone el principal, y más importante, reto de la región para la consecución de la adopción de sistemas IoT en el ámbito empresarial.
 - Otro punto de especial interés, pues puede ser visto como base y pilar esencial para los sistemas basados en IoT es la barrera de Infraestructura TIC. En ella, los países de América Latina se encuentran rezagados respecto de los de la OCDE. Se deben reforzar e impulsar los despliegues de banda ancha para intentar dotar de mayores servicios de conectividad y capacidad a los países.
- Chile destaca en el ranking como líder para la adopción del IoT en la región de América Latina. Presenta buena puntuación en la mayoría de indicadores, estando en la mayoría de casos por encima de la media en LAC. Únicamente necesita impulsar la capacidad de innovación. Incrementar el gasto bruto en I+D sería una solución a contemplar para remediar la situación que presenta en esa barrera. Además, siendo está la tónica general para la región, la adopción de tecnología en empresas también debe incrementarse.
- Brasil destaca por su alta puntuación en capacidad para innovar, situándole a la altura de referentes mundiales como pueden ser Nueva Zelanda y Noruega. Por este motivo, la capacidad para innovar debería ser vista como palanca para propulsar el resto de aspectos en los que el país debe mejorar. El principal reto que se identifica para Brasil, es la estabilidad política y económica, que queda reflejada como la barrera con peor puntuación para el país.
- Ecuador es el país con peor puntuación de aquellos contemplados como generadores del 90% del PIB de la región. Aparece a la cola del ranking en el índice de adopción del IoT. Su posición es poco favorable en la mayoría de barreras, siendo sus principales retos la regulación y la adopción de nuevas tecnologías en empresas. Se identifica como principal oportunidad el despliegue que tiene de infraestructura TIC, muy positivo para conformar la base necesaria para la adopción de los sistemas IoT.

- Costa Rica obtiene la segunda mejor puntuación de entre los países de interés para este estudio, solo superado por Chile. De esta forma, ambos responden a su papel de líderes regionales en materia TIC. Costa Rica presenta, en general buena puntuación en todas las barreras, sin embargo, debe basar su estrategia TIC e IoT en las oportunidades que le brinda su estabilidad política y el adecuado despliegue de infraestructura en el país. La principal flaqueza identificada tras el análisis es la capacidad para innovar, cuya puntuación es baja si se compara con los países de interés para el estudio.
- México, obtiene una puntuación en el índice ligeramente superior la media de la región. La principal fortaleza se observa en el uso que hace la población de las tecnologías. Por otro lado, y como principal punto de mejora destaca la baja puntuación en la barrera regulatoria.
- La situación que refleja Perú es muy similar a la encontrada en Ecuador. El país debe fijar objetivos para la mejora en las barreras de capacidad innovadora e infraestructura TIC, puesto que no se está viendo aprovechado el potencial del que dispone el país en ambas. La principal fortaleza que presenta Perú es la estabilidad política y económica que atraviesa el país, además de una buena puntuación en la barrera regulatoria
- Argentina se sitúa en la media de la región, destacando sobre todo en el indicador regulatorio. Este hecho puede ser visto como principal oportunidad para el país, que puede ser visto como líder regional en materia regulatoria. Su mala puntuación en la adopción tecnológica en empresas, fija en esa barrera su principal reto para la mejora.
- Colombia se encuentra, también muy en sintonía con la media en la región LAC. Destaca su puntuación estabilidad política y regulatoria, siendo los principales puntos de mejora el despliegue de una mejor infraestructura, que actúe como base de cualquier sistema IoT y la capacidad y la actitud frente a la innovación



4 Análisis del IoT a nivel empresarial

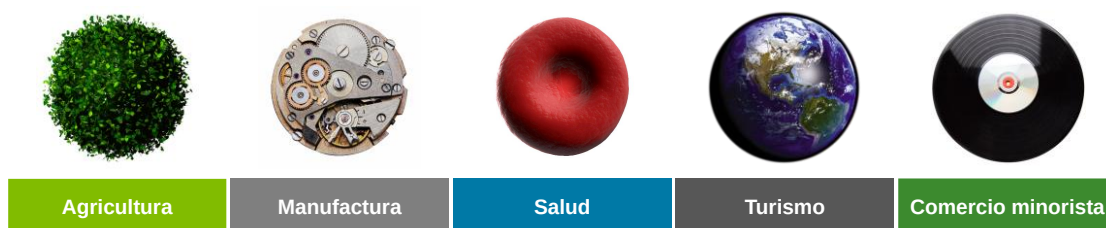
Los sistemas basados en soluciones IoT y contenidos digitales abren la puerta a una nueva era en la que se realizará una gestión de recursos más eficiente y en la que se persigue la optimización de resultados. Se brinda de esta manera, a través de las soluciones IoT, una oportunidad que impulse las economías menos activas, posibilitando una realidad futura más igualitaria y sostenible e incentivando el desarrollo y el crecimiento económicos.

Tal y como se desarrolla en el Capítulo 3 de este informe, se ha realizado un análisis de las barreras a la adopción del IoT por parte de empresas que conduce a la creación de un índice. Este índice ayuda a medir el estado del ecosistema IoT, reflejando la realidad que viven los países de la región.

El mismo, nos ayudará a calibrar la relación que posee el IoT con ciertos sectores empresariales, estableciendo el impacto que las nuevas tecnologías y la digitalización podrían llegar a tener para la mejora de la productividad y la eficiencia. Si bien es cierto que para todos los sectores empresariales existe un potencial relativo a la implantación de sistemas basados en IoT, hay que tener en cuenta que este potencial en todos los casos llega a estar influido por otros factores relevantes, que escapan al ámbito de este estudio.

Tal y como se acaba de comentar, el desarrollo de sistemas basados en IoT y, de forma general, la digitalización son claves en el crecimiento económico, afectando de forma transversal a todos los sectores. Sin embargo, este potencial varía para los distintos sectores empresariales, dependiendo de la distribución económica característica del país y del impacto en el sector concreto.

Para este estudio se ha llevado a cabo una priorización de los sectores sobre los que se va a realizar especial foco. Tras realizar un *benchmark* que analiza las prioridades que tenían los países de interés⁸⁵ sobre los distintos sectores empresariales, se ha decidido concretar el análisis en los siguientes sectores:



- **Agricultura:** sector especialmente relevante en la región, prioritario para la mayoría de países por conformar una parte importante del PIB en todos los casos.
- **Manufactura:** relevante por la relación que posee con el resto de sectores, además de la importancia que supone para el crecimiento económico de la región. Actualmente, menos del 20% de los procesos industriales, en América Latina, son considerados de nivel tecnológico medio/alto, por lo que la digitalización del sector podría tener un fuerte impacto dentro de la región.

⁸⁵ Nota: Estos países se corresponden con aquellos que conforman el 90% del PIB de la región, además de los casos de interés de Costa Rica y Paraguay

- **Salud:** sector crítico en el apoyo a países rezagados en el ámbito sanitario. Además, es un sector en el que el IoT brinda mayores oportunidades por la mejora de la provisión de servicios y el ahorro en costes.
- **Turismo:** se ha identificado como sectores de interés en todos los países, debido al potencial que suponen en toda la región. La importancia, que tienen las zonas de interés natural y cultural hace que este tipo de soluciones sean especialmente relevantes.
- **Comercio minorista:** es interesante el análisis de este sector por la gran variedad de casos de uso que puede aportar, además de por ir íntimamente ligado al sector turismo.

La selección, trata de ser lo más inclusiva posible, considerando tanto sectores prioritarios para la mayoría de países, así como aquellos donde el potencial del IoT es mayor y suponen una oportunidad de crecimiento económico.

Para cada uno de los sectores, se desarrollarán los casos de uso identificados como más relevantes en el ámbito del IoT. El objetivo es plasmar cómo los actores del ecosistema IoT han sido capaces de desarrollar diferentes soluciones técnicas para alcanzar los objetivos fijados en diferentes ámbitos, tanto empresariales como sociales.

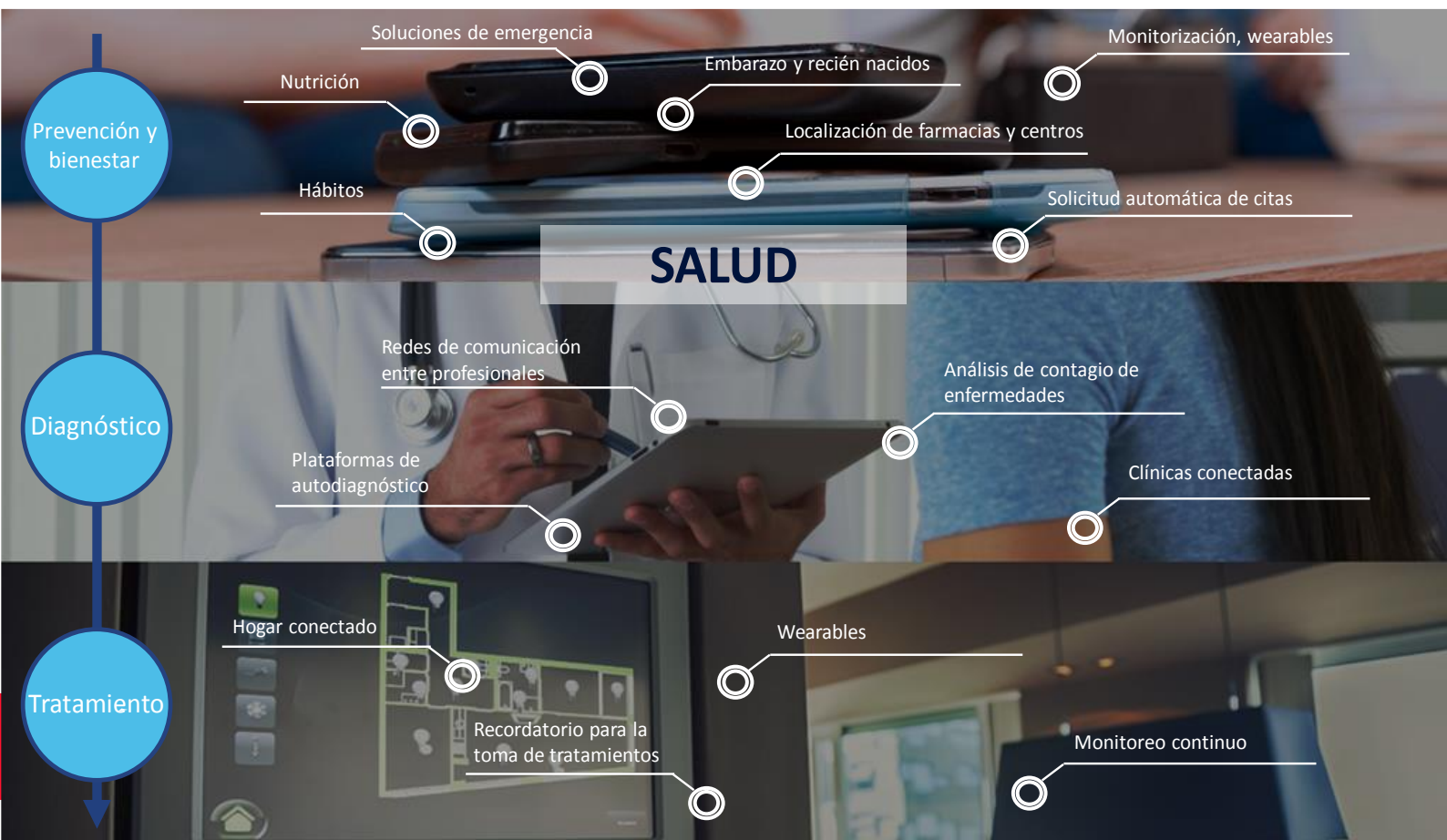
De esta forma, se puede identificar el potencial y el posible impacto que tendrían el despliegue de soluciones basadas en conectividad IoT.



4.1 SECTOR SANITARIO

Las soluciones IoT relativas al sector sanitario pueden ayudar a reducir costes y mejorar la eficiencia en las actividades relacionadas con la salud. Las iniciativas IoT enfocadas en pacientes crónicos, salud materno-infantil y en zonas en las que hay una menor disponibilidad de recursos, son ejemplos de soluciones que brindan la oportunidad de mejorar la calidad de los servicios actuales, ahorrar costes y ayudar a los sectores más desfavorecidos o aislados geográficamente de la población.

Si se destaca que los ratios de asistencia sanitaria en América Latina están en general muy por debajo de los de la OCDE y que en promedio las personas en la región tienen una esperanza de vida 8 años menor que en la OCDE⁸⁶, queda representada la necesidad de la aplicación de soluciones innovadoras con el fin de reducir estas desigualdades.



4.1.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT

Para determinar la relevancia que podría tener la inclusión de sistemas basados en soluciones IoT en el sector sanitario, se ha llevado a cabo un análisis de la situación que atraviesan los países de la región. Para ello, se muestran los datos destacados del sector sanitario. Además, algunos de los indicadores que demuestran el rendimiento del sector han sido comparados con la puntuación obtenida fruto del análisis de barreras para la adopción del IoT, para demostrar que existe una relación entre la implantación de sistemas innovadores, como los basados en IoT y la mejora del rendimiento del sector.

El gasto medio en sanidad, visto como porcentaje del PIB de los países, es inferior para la media de los países de América Latina que para los de la OCDE:

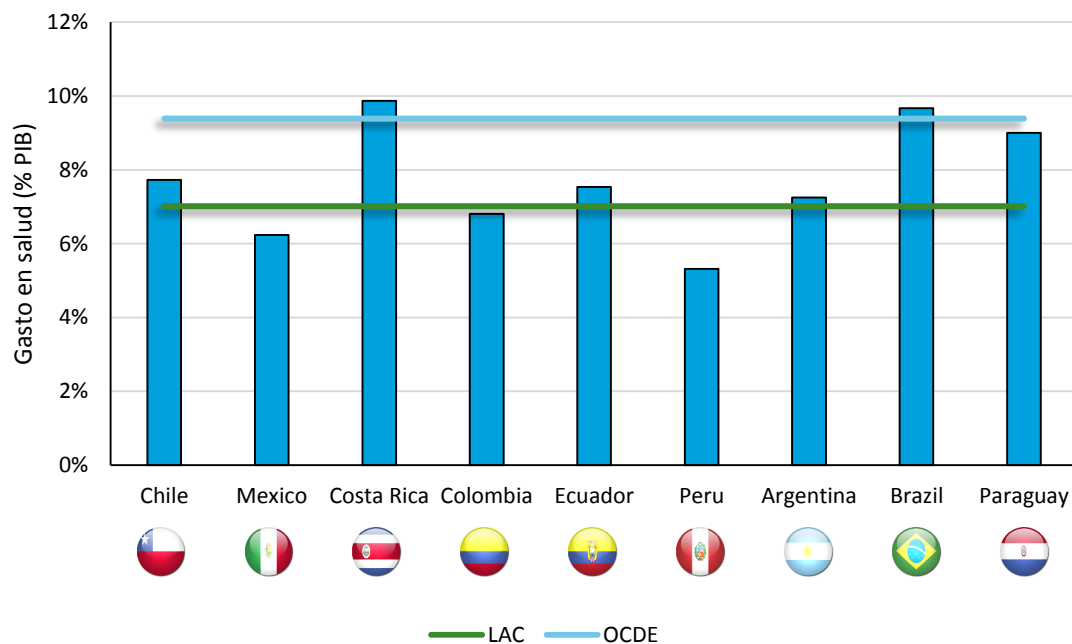


Figura 70. Gasto total en salud⁸⁷

La mayoría de países de interés para el estudio se encuentran con valores cercanos o superiores a la media de LAC, superando o igualando en algunos casos la media establecida por los países de la OCDE. Sin embargo, si se analiza el gasto en salud per cápita respecto de la puntuación en el índice IoT se puede observar una mayor ineficiencia por parte de los países latinoamericanos.

⁸⁷ Fuente: Banco Mundial, World Bank Data.

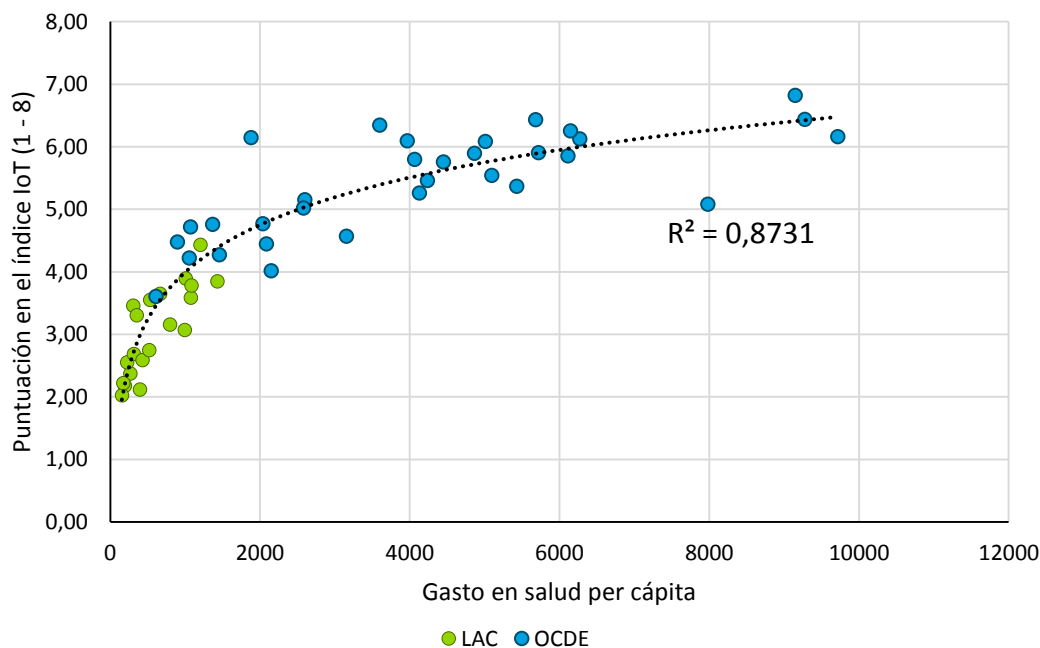


Figura 71. Relación entre la puntuación en el índice IoT y el gasto en salud per cápita⁸⁸

Se observa cómo aquellos países que tienen una mayor puntuación en el índice, presentan un gasto sanitario per cápita mucho mayor, con lo que la mejora en la eficiencia de los recursos es clave en el sector.

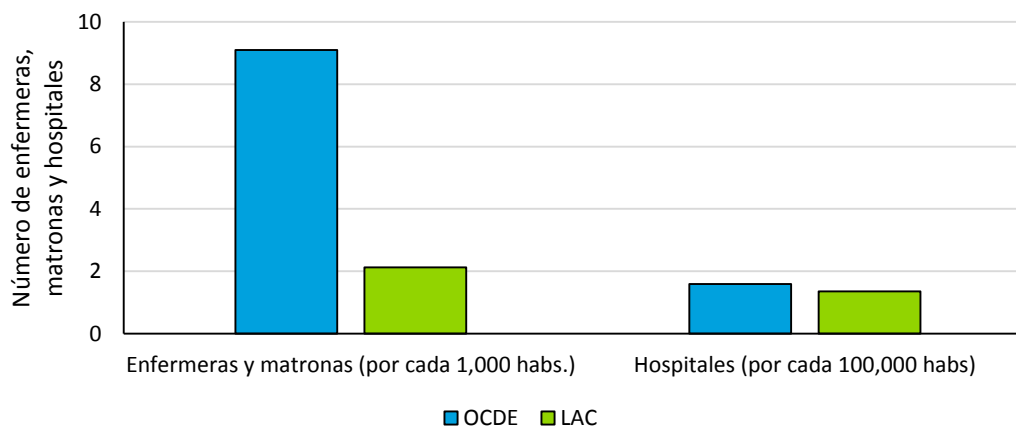


Figura 72. Número de recursos sanitarios por habitante⁸⁹

El bajo número de recursos sanitarios disponible en América Latina, en comparación con la media de la OCDE, pone en evidencia la necesidad de soluciones que permitan el trato y el cuidado de pacientes por métodos más eficientes, evitando así la masificación de los centros hospitalarios y del personal más especializado. Este hecho se hace, sobre todo, patente en el número de enfermeras y matronas por cada 1.000 habitantes, el cual asciende a 9 para la media

⁸⁸ Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos del Banco Mundial.

⁸⁹ Fuente: Organización de las Naciones Unidas y Banco Mundial

en los países pertenecientes a la OCDE mientras que apenas supera las 2 enfermeras para la región LAC.

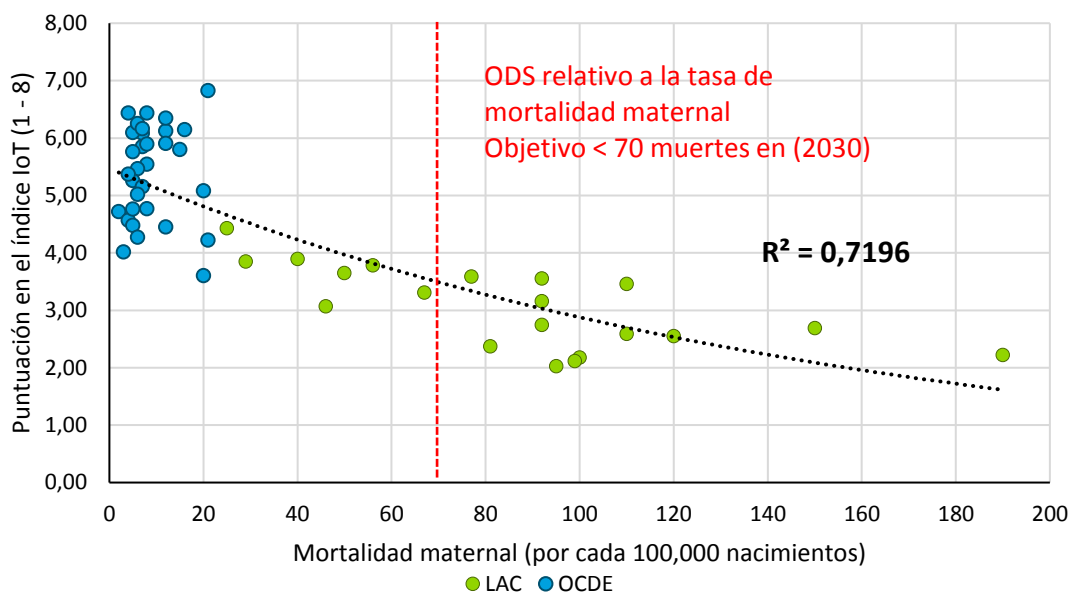


Figura 73. Relación entre la mortalidad materna y la puntuación del índice IoT⁹⁰

Las soluciones de cuidado maternal durante y post embarazo podrían ayudar a que los países de LAC se acaben situando en la zona de menos de 20 muertes por cada 100.000 nacimientos, alcanzando los ODS para 2030⁹¹.

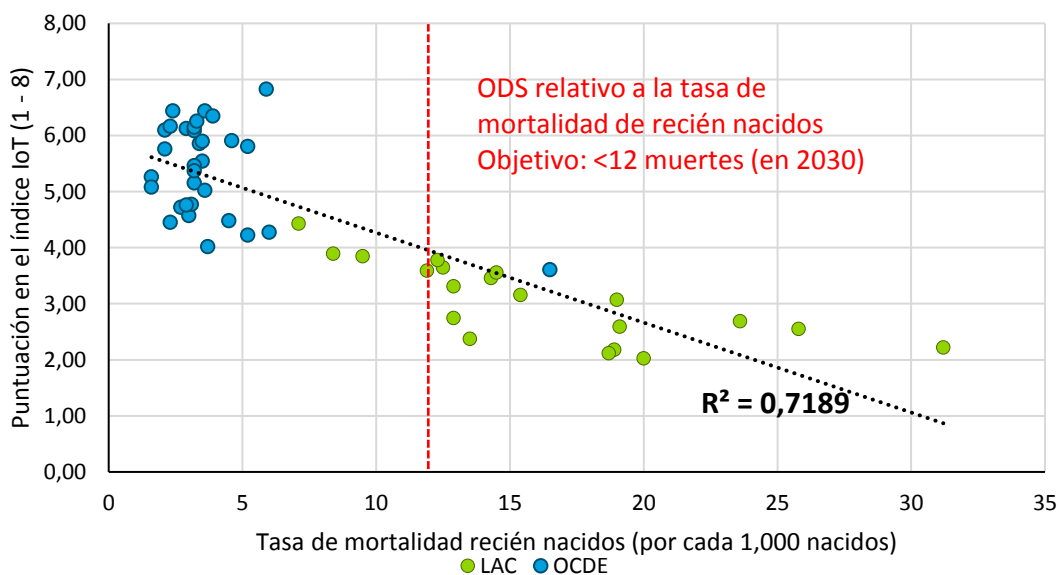


Figura 74. Relación entre la mortalidad de neonatos y la puntuación del índice IoT⁹²

⁹⁰ Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos de las Naciones Unidas

⁹¹ Fuente: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

⁹² Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos del Banco Mundial

De la misma forma que con la mortalidad materna, la tasa de mortalidad de recién nacidos guarda una relación inversamente proporcional a la puntuación obtenida por los países en el índice IoT. Así mismo, las soluciones de monitorización del embarazo y cuidado post-parto pueden ayudar a solventar estos problemas en los países menos desarrollados, siempre con el objetivo de reducir a menos de 12 las muertes de neonatos por cada 1.000 nacimientos antes de 2030.

Por último, a modo de evaluar la “efectividad” de los sistemas sanitarios, se compara el desarrollo del ecosistema IoT, a través de la puntuación del índice, con la esperanza de vida:

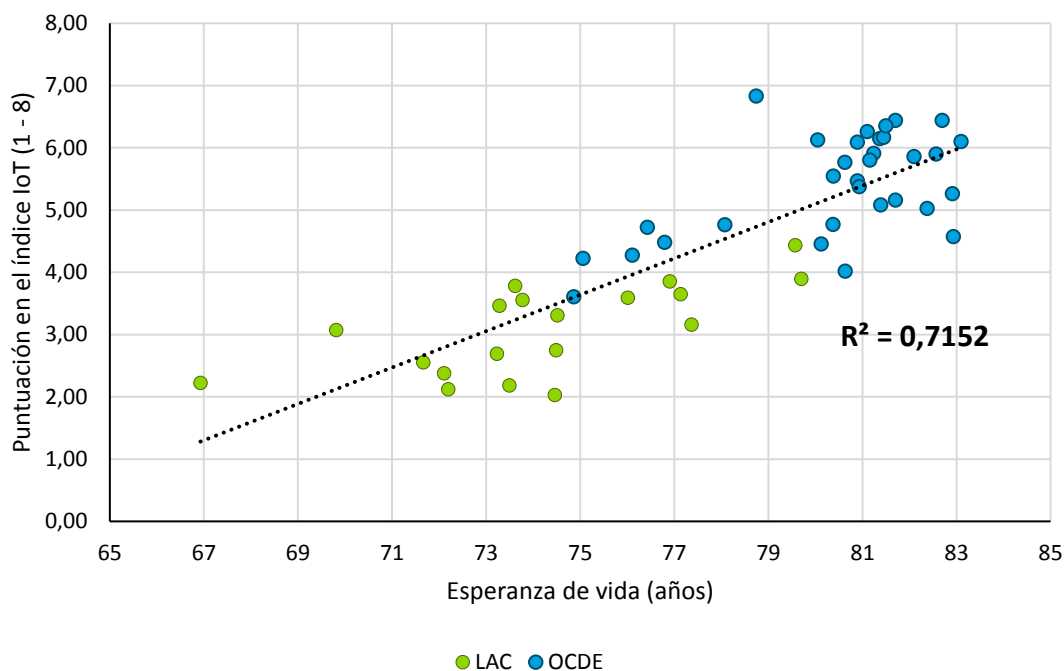


Figura 75. Comparación entre la esperanza de vida al nacer y la puntuación en el índice IoT⁹³

Se observa una dependencia lineal entre ambos indicadores, que hace ver la relación existente entre la mejora de la calidad de vida y la evolución a través de tecnologías innovadoras.

4.1.2 Casos de uso

En este apartado se pretende dar una idea de las soluciones ya aplicadas en el sector sanitario, desarrollando la arquitectura de las mismas y destacando los *players* involucrados, así como los beneficios resultantes.

Las soluciones IoT pueden aplicarse a lo largo de toda la cadena de valor sanitaria, desde la prevención de enfermedades, hasta el diagnóstico y tratamiento de pacientes, especialmente de aquellos con enfermedades crónicas.

⁹³ Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos de WEF

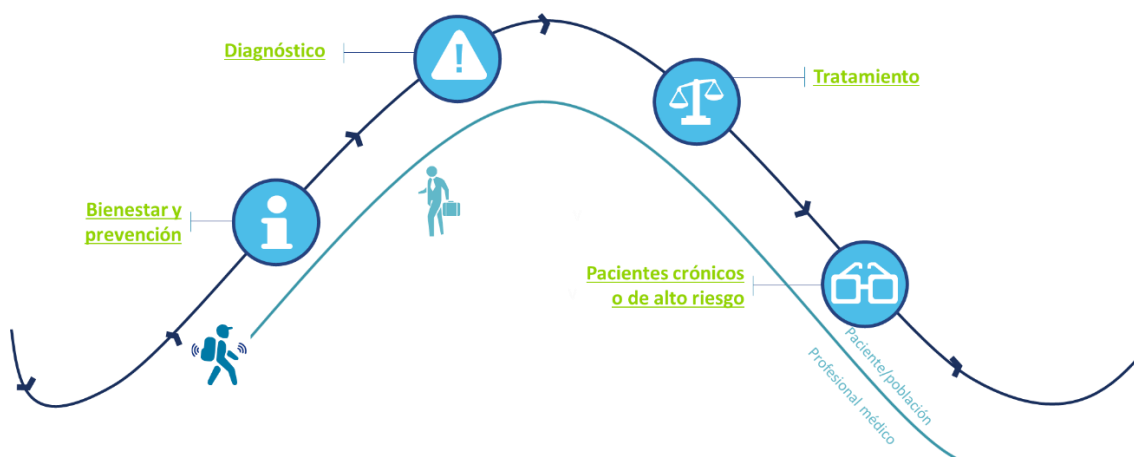


Figura 76. Fases de atención del sector sanitario

Dentro de los posibles campos en los que se pueden utilizar soluciones IoT, el mayor número de dispositivos inteligentes se espera en el campo de la monitorización, debido al crecimiento de dispositivos inteligentes con este propósito específico (a continuación, se exponen algunos de los casos de uso que utilizan dispositivos IoT para la monitorización). También se espera un crecimiento importante en el uso de *wearables* para el bienestar.

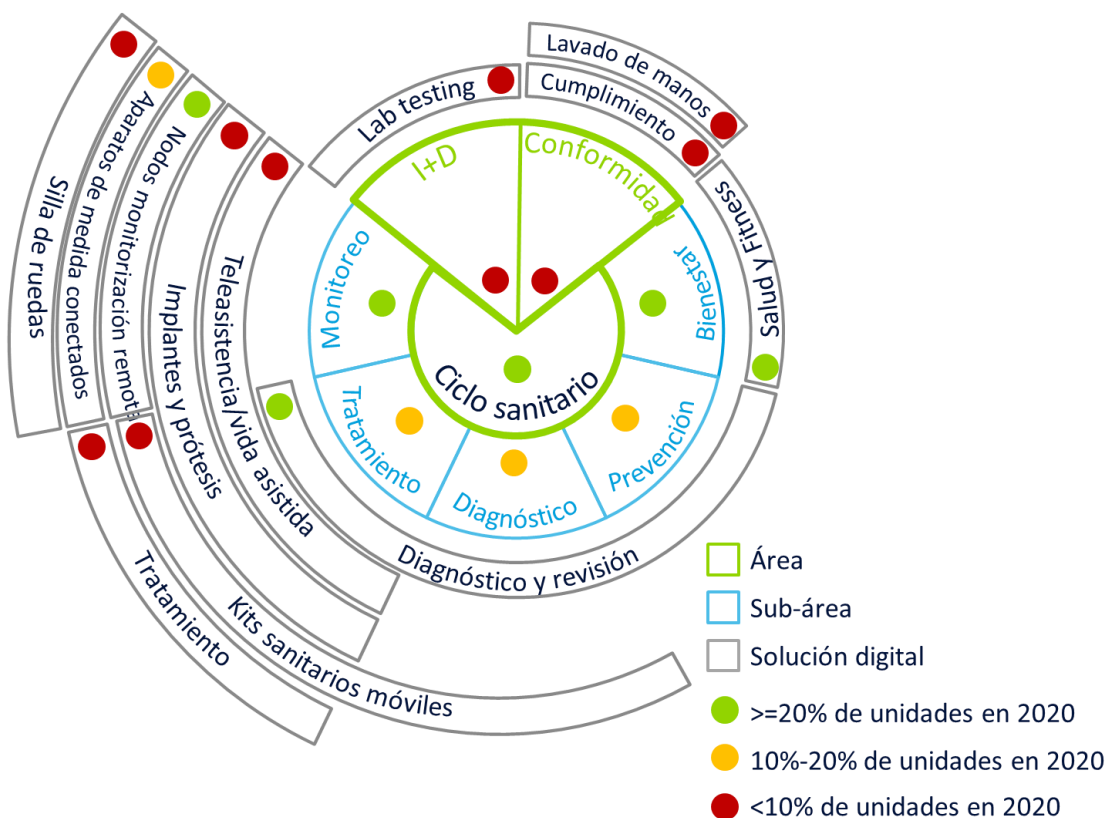


Figura 77. Dispositivos y diferentes soluciones IoT en el sector sanitario⁹⁴

⁹⁴ Fuente: Análisis de Deloitte utilizando datos de Gartner

CASO DE USO 1 - GESTIÓN DE RECURSOS Y ACTIVOS

El sistema sanitario puede aprovecharse de los beneficios del IoT para disponer de un mejor conocimiento de la localización de activos en los hospitales y maximizar así su uso entre los profesionales o áreas.

MONITORIZACIÓN BOLSAS DE SANGRE – VERACRUZ (MÉXICO)

El departamento de salud de Veracruz, en México, emplea la tecnología RFID (*Radio Frequency Identification*), junto con sensores de temperatura, para el *tracking* de bolsas de sangre; monitorizando datos relativos a su mantenimiento, localización, temperatura y fecha de expiración; con el fin de mejorar el control de este recurso⁹⁵. Se estima que el sistema, desarrollado por la compañía francesa Biolog-ID⁹⁶, supondrá un ahorro, para el departamento, de más de 500.000\$ anuales.

El departamento de salud cuenta con *racks*⁹⁷, en los que se alojan las bolsas de sangre. Estos racks se introducen en refrigeradores que permiten mantener las bolsas a la temperatura necesaria, cercana a los 4°C. Cada una de las bolsas dispone de un RFID y una antena transmisora UHF, la cual habilita el envío de la información de los RFID.

La información detallada de las características de la bolsa de sangre es grabada en el RFID y éste, una vez localizado en el compartimento refrigerador, dentro del *rack*, es capaz de enviar sus datos de posición y temperatura, de forma periódica, facilitando su localización a través de cualquier dispositivo con acceso al software de la compañía. La accesibilidad, a través de Internet, de toda la información sobre el estado, la duración y la localización de las bolsas de sangre es un factor clave. Toda esta información está catalogada como “información sensible”, por lo que la solución debe respaldarse sobre mecanismos de seguridad adecuados, en relación a la privacidad de datos. Encriptación, control de acceso, etc.; son algunos de los mecanismos utilizados para garantizar la protección de datos en este tipo de soluciones.

Actualmente, los RFID son empleados desde la salida del proceso de *testing* hasta la llegada al hospital y su asignación al usuario. Sin embargo, los RFID podrían incluirse desde el momento de la donación, incrementando el alcance de la solución.

Esta solución, de la compañía Biolog-ID, también se ha instaurado en Europa en el hospital “La Providence” en Neuchâtel (Suiza) y está previsto que se extienda a otros hospitales en Francia y Suiza⁹⁸.

⁹⁵ Fuente: <http://www.iotjournal.com/articles/view?12484>

⁹⁶ Fuente: http://www.biolog-id.com/labile-blood-products/content_110.html

⁹⁷ Rack: es un término inglés que se emplea para nombrar a la estructura que permite sostener o albergar un dispositivo tecnológico. Se trata de un armazón metálico que, de acuerdo a sus características, sirve para alojar una computadora, un router u otra clase de equipo.

⁹⁸ Fuente: http://www.biolog-id.com/blood-products-traceability-a-european-first-in-la-providence-private-hospital-in-neuchatel-switzerland/pressrelease_26.html?type_actualite=FULLCommuniques

CASO DE USO 2 - MONITORIZACIÓN REMOTA DE PACIENTES

Las soluciones IoT para la monitorización de pacientes permiten reducir el gasto sanitario de muchas enfermedades, especialmente las enfermedades crónicas, como la diabetes o la hipertensión, dado el porcentaje del gasto sanitario que estas enfermedades suponen a día de hoy. Según el estudio de Javitt, Jonathan, Reese y Derrick, los costes por paciente de diabetes en EEUU pueden reducirse a 3.300 USD anuales gracias a sistemas de monitoreo remoto⁹⁹.

El monitoreo de pacientes también puede ayudar a reducir las deficiencias en las instalaciones, con la gestión más eficiente de los recursos y los activos mediante herramientas y aplicaciones (reserva de citas, historial digital, sistemas digitales de gestión de hospitales y centros de salud).

En el caso de España, según el estudio “Soluciones para la gestión de la cronicidad de la Sociedad Española de Directivos de la Salud”, éstas representan el 80% del gasto sanitario¹⁰⁰. En el caso concreto de Madrid, se estima que el 40% de la población sufre alguna enfermedad crónica y el 70% del gasto se concentra en el 28% de los enfermos crónicos¹⁰¹.

El uso de la conectividad mediante tecnologías móviles de los dispositivos y sensores, permite el envío de la información del paciente en tiempo real y, con ello, el análisis y toma de decisiones ante posibles eventos.

La arquitectura o modelo seguidos para las distintas soluciones disponibles es similar: La solución se compone de distintos tipos de sensores (dispositivos inteligentes capaces de medir el ritmo cardíaco, el nivel de azúcar en sangre, wearables, etc.) que comunican, habitualmente mediante un hub (generalmente un smartphone o un router en el hogar), los datos recopilados, a través de una red de comunicaciones, hasta una plataforma de gestión. Esta plataforma agrega la información del usuario, la analiza respecto a valores históricos y el resto de usuarios y envía alertas y recomendaciones al usuario. A su vez, los datos recopilados pueden ser visualizados por el usuario o el médico a través de una aplicación móvil o la web, permitiendo un diagnóstico y tratamientos más efectivos:

⁹⁹ Javitt, Jonathan, C. Shane Reese and Michael K. Derrick. “Deployment of an mHealth Patient Monitoring Solution for Diabetes—Improved Glucose Monitoring Leads to Reduction in Medical Expenditure.” US Endocrinology, 2013

¹⁰⁰Fuente: <http://www.sedisa.net/documentos/Mon201509147441720150914InformeGestionCronicidadSEDISA.pdf>

¹⁰¹Fuente: http://www.madrid.org/cs/Satellite?cid=1354319624702&language=es&pageid=1159444389315&pagename=PortalSalud%2FCM_Actualidad_FA%2FPTSA_pintarActualidad&vest=1159444389315

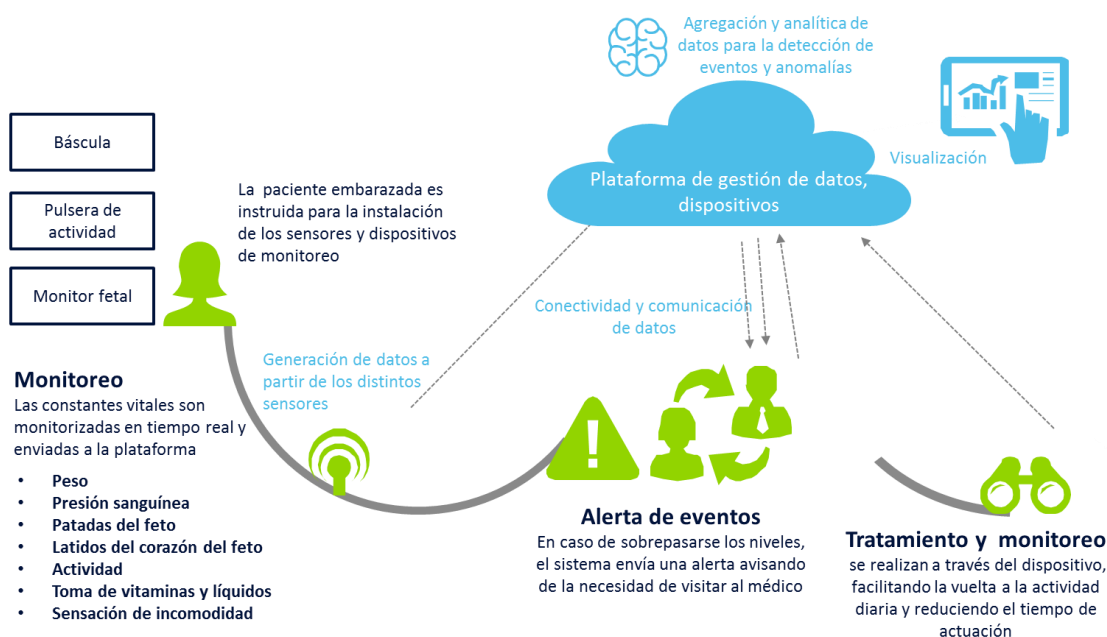


Figura 78. Esquema general de soluciones para la monitorización de pacientes

La importancia de la conectividad permanente en la sanidad del futuro ha generado el interés de muy diversos agentes. Algunos operadores de telecomunicaciones han desarrollado diferentes soluciones en el ámbito de la salud, así como plataformas para el desarrollo de nuevas iniciativas por parte de terceros.

AT&T REMOTE PATIENT MONITORING

Remote Patient Monitoring (RPM) es una solución software que permite conectar una plataforma basada en servicios *Cloud* con dispositivos móviles y sistemas de monitoreo específicos, de forma que sea posible visualizar y monitorizar los datos del paciente online. El servicio permite enviar recordatorios y consejos al paciente, así como iniciar una video llamada con el médico. La plataforma aborda aspectos de seguridad y protección de datos, dada la importancia de éstos en el ámbito sanitario.

La plataforma ofrece un modelo abierto, permitiendo a terceros la implementación de soluciones específicas basadas en la plataforma de AT&T.

PLATAFORMA TEACOMPAÑA

Telefónica, operadora española de telecomunicaciones, ofrece servicios similares¹⁰², con su plataforma Teacompañía, que permite el monitoreo de pacientes crónicos y ha sido implementada, por ejemplo, en Madrid.

El servicio permite determinar episodios de deambulación o caídas, acceder a la agenda médica diaria del paciente (con horas de realización de pruebas, tomas de medicamentos, consultas...) y enviar de forma precisa y segura sus parámetros médicos y sus síntomas.

¹⁰² Fuente: <http://www.movistar.es/grandes-empresas/soluciones/fichas/seguimiento-remoto-cronicos/>

Así, se puede mantener una comunicación fluida con los profesionales médicos, recibir información y consejos por su parte, y acceder a contenidos educativos que ayudarán al paciente a prevenir y a evitar posibles empeoramientos de su salud.

Según Telefónica, el caso de éxito del Hospital del Mar en Barcelona, mostró que el seguimiento remoto de los pacientes crónicos reduce el número de descompensaciones (77%), reingresos hospitalarios (43%), días de hospitalización (63%) y mortalidad (34%). Estos datos reflejan una mejora en la vida de las personas, lo cual impacta directamente en los Objetivos de Desarrollo Sostenibles de Naciones Unidas. Además, provoca una mejora en la eficiencia, que se traduce en un ahorro en costes.

APLICACIÓN MYDOCTOR@HOME DE TELECOM ITALIA

De forma similar, la aplicación **MyDoctor@home**¹⁰³ es un sistema para ayudar a los pacientes con enfermedades crónicas a medir su estado desde casa. Surgió de la colaboración de Telecom Italia con la región del Piamonte en Italia en octubre de 2010.

El producto, inicialmente probado en un Hospital Universitario en Turín, fue extendido a otras unidades hospitalarias en la región. Los distintos dispositivos de medida (monitor de glucosa, medidor del ritmo cardíaco, *spiro+oximeter*) son conectados a través de un *Gateway* para subir los datos a la plataforma *eHealth Connecting*.

A través del portal, se puede acceder a los datos del paciente y medicación. El sistema a su vez está configurado para medir tiempos y proporcionar recordatorios, terapias, alertas para la toma de medicamentos etc.

EMITI, WEARABLE PARA LA MONITORIZACIÓN DE PACIENTES DE TELCEL

La operadora móvil Telcel¹⁰⁴, una de las filiales que componen el grupo América Móvil, ha propulsado, a través de incubadoras, el desarrollo de *start-ups* con ideas innovadoras y nuevos casos de uso basados en IoT.

Uno de estos casos de uso ha sido el wearable Emiti¹⁰⁵. Con forma de reloj, es capaz de medir a través de sus numerosos sensores toda la actividad de la persona que lo porte. En caso de percance, el dispositivo, gracias al sensor acelerómetro y a la conectividad 2G, es capaz de contactar a los familiares o responsables del portador. Otros sensores integrados que permiten la medida de las constantes de los pacientes son GPS, sensor de ritmo cardíaco, sensor de uso, unidad de fuerzas inerciales. El grado de actividad física, ritmo cardíaco, oximetría, así como un protocolo de atención de emergencias son las funciones estrella del mismo.

¹⁰³ Fuente: <http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2012/03/embtim1010lores.pdf>

¹⁰⁴ Fuente: <http://www.telcelsoluciones.com/articulos/telcel-presenta-los-10-proyectos-ganadores-de-telcel-startup>

¹⁰⁵ Fuente: <https://emiti.com.mx/>

Con este servicio de monitorización basado en IoT, los usuarios pueden acceder por medio de la página web al panel de información vital a través de cualquier dispositivo inteligente, donde pueden consultar en tiempo real: ritmo cardíaco, actividad física y alertas. Además recibirán notificaciones del paciente por medio de Facebook y SMS a la cuenta y teléfono registrados.

CASO DE USO 3 - SOPORTE EN ZONAS RURALES

Las ZONAS rurales disponen de menos recursos para la atención médica. Los tiempos y costes de transporte a centros sanitarios y hospitales más cercanos limitan el uso del sistema sanitario y la calidad del mismo.

El desarrollo de soluciones basadas en IoT ayuda al diagnóstico en zonas rurales, sin disponibilidad de profesionales especializados. En la región de América Latina existe un alto porcentaje de zonas rurales, aproximadamente un 13% mayor que en la OCDE, es por ello que este tipo de soluciones son especialmente interesantes.

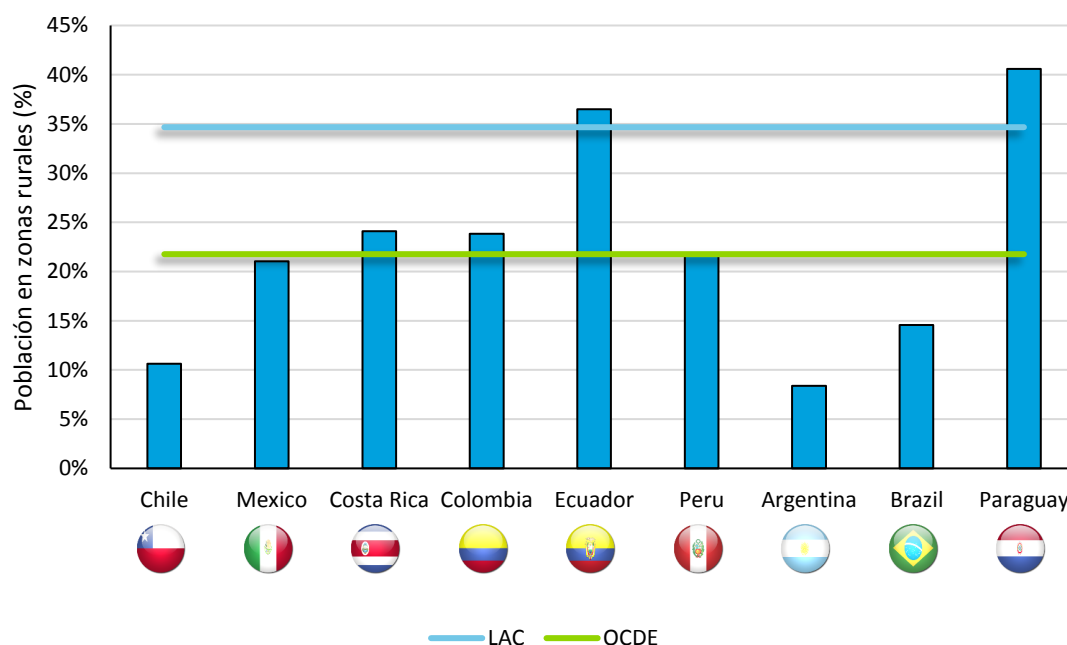


Figura 79. Porcentaje de zonas rurales en los países de interés¹⁰⁶

CONTROL REMOTO DE MICROSCOPIOS – ZONAS AFECTADAS POR EL ZIKA

Un ejemplo de las oportunidades y soluciones actualmente en desarrollo lo proporciona la empresa **Skill Analyst**¹⁰⁷, cuya solución permite el **control de forma remota de los mecanismos de un microscopio** y la recepción de imágenes y video de suficiente resolución para la detección del virus Zika. El impacto que tiene esta solución sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible de

¹⁰⁶ Fuente: Análisis de Deloitte basado en datos del World Bank

¹⁰⁷ Fuente: <http://www.iotjournal.com/articles/pdf?14553>

las Naciones Unidas es directo, puesto que la Salud y el Bienestar es uno de los Objetivos a mejorar, principalmente en áreas rurales.

La tecnología permite al analista ver de forma remota una muestra de sangre o tejido en el microscopio y la creación de una imagen de alta resolución que es guardada en la nube gracias a la conectividad de un teléfono móvil.

La solución requiere de un microscopio tradicional, una cámara de alta resolución y sistemas para el control del zoom y el ajuste de la muestra en el microscopio. Estos dos últimos disponen de motores controlados a través de Internet.

El prototipo fue inicialmente creado para el diagnóstico en zonas rurales de India. La empresa se encuentra recientemente en busca de financiación para dar soporte a las zonas donde el virus Zika se está expandiendo, como el noreste de Sudamérica, Centroamérica o el Sudeste asiático.

Esta innovadora solución podría aplicarse para tratar otras enfermedades, lo cual podría suponer un gran avance en el campo de la salud en países con un alto porcentaje de zonas rurales.

SOLUCIONES PORTÁTILES PARA ECOGRAFÍAS – AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Otro ejemplo de solución IoT enfocada a zonas rurales, es el **uso de dispositivos portátiles para realizar ecografías**.

Las tasas de mortalidad infantil y maternal en la región se encuentran en muchos casos por encima de los máximos establecidos en los objetivos de desarrollo sostenible. Entre los países en la región con tasas de mortalidad maternal superiores a 100 por cada 100.000 nacidos, se encuentran los países de Centroamérica (Guatemala, Honduras, República Dominicana), el Caribe (Guyana, Haití, Jamaica y Surinam), Bolivia y Ecuador.

Una solución IoT para atender este gap es el dispositivo de ecografía móvil, desarrollado y premiado por GSMA en 2011¹⁰⁸ y empleado en iniciativas de la Fundación Enlace Hispano Americano de la Salud (EHAS) en diversas zonas de Guatemala.

Dados los valores de mortalidad infantil y maternal en Guatemala y el riesgo de algunas zonas rurales y aisladas, EHAS ha desarrollado brigadas itinerantes para proveer servicios de salud a través de dispositivos móviles en estas zonas.

Los profesionales disponen de un ecógrafo portátil, un panel solar plegable y un sistema de análisis clínico basado en tiras reactivas rápidas.

Según EHAS, la fase inicial del proyecto (2012) permitió reducir la mortalidad maternal a 0 y la mortalidad neonatal un 65%. El proyecto ha recibido, así, ayudas de USAID (Agencia de los

¹⁰⁸ Fuente: <http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2012/03/mobisantefinal.pdf>

Estados Unidos para el Desarrollo Internacional) y FOMIN (Fondo Multilateral de Inversiones) entre otros para su ampliación.

SOLUCIONES MHEALTH EN ÁFRICA

Con el objetivo de dar cobertura médica a zonas rurales, Millicom se ha unido a GSMA en su iniciativa *Pan-African mHealth initiative* (PAMI), diseñada para acercar los servicios sanitarios a personas de zonas poco comunicadas¹⁰⁹.

PAMI tiene como objetivo desarrollar servicios mHealth, algunos de ellos basados en IoT como la monitorización remota de pacientes en zonas rurales, que satisfagan las necesidades de salud pública. Su objetivo principal es ofrecer esta tipología de servicios a mujeres y niños.

¹⁰⁹ Fuente: <http://news.cision.com/millicom-international-cellular/r/millicom-joins-gsma-s-mobile-health-partnership-in-africa,c9731397>

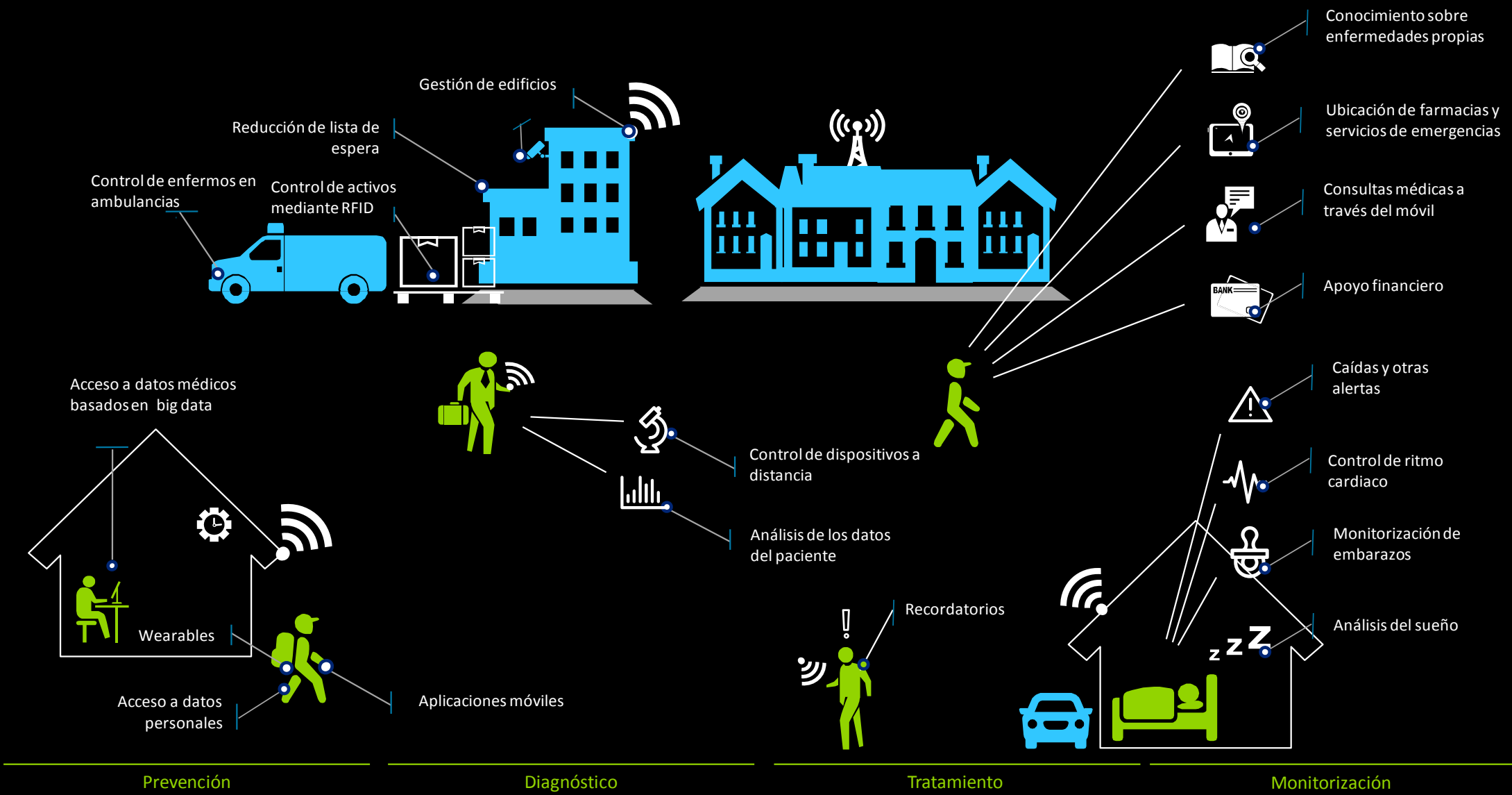


Figura 80. Pool de casos de uso en el sector sanitario



4.2 SECTOR INDUSTRIAL Y MANUFACTURA

En el sector industrial y de la manufactura, el gran impacto de los sistemas digitales y de aquellos basados en IoT, viene de la mano de la monitorización de activos, la integración de sistemas y la automatización de procesos. Son numerosas las soluciones que, dependiendo de las características de cada negocio, pueden ayudar a mejorar la productividad en el sector y permitir aumentar el valor añadido aportado. Además, la importancia de la mejora de la productividad y la eficiencia en este sector, recae en el impacto que ello podría tener en el resto de sectores empresariales. Teniendo en cuenta que, en la mayoría de países de la región latinoamericana, menos del 20% de actividades son consideradas de medio/alto componente tecnológico, las posibilidades de avance y mejora del rendimiento son grandes.



4.2.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT

De igual forma que para el sector sanitario, se ha realizado un análisis para determinar la relevancia que tendría la inclusión de soluciones basadas en IoT en el sector industrial. A su vez, algunos de los indicadores que demuestran el rendimiento del sector han sido comparados con la puntuación obtenida fruto del análisis de barreras para la adopción del IoT, realizado en el Capítulo 3, pudiéndose observar que existe una relación entre la implantación de dichas soluciones y el desarrollo del sector.

Si se analiza la aportación de la industria manufacturera al PIB, se observa que para la mayoría de los países del estudio, el porcentaje que el sector aporta al PIB está en la media de la región o, en diversos casos, la supera. Se observa que por lo general este porcentaje es relevante, siendo la aportación media de alrededor de un 13%.

Con estos datos es fácil prever que cualquier solución tendrá un alto impacto en la economía del país, de la región y probablemente de otros sectores empresariales que pudieran verse afectados por una mejora en los procesos y actividades del sector industrial.

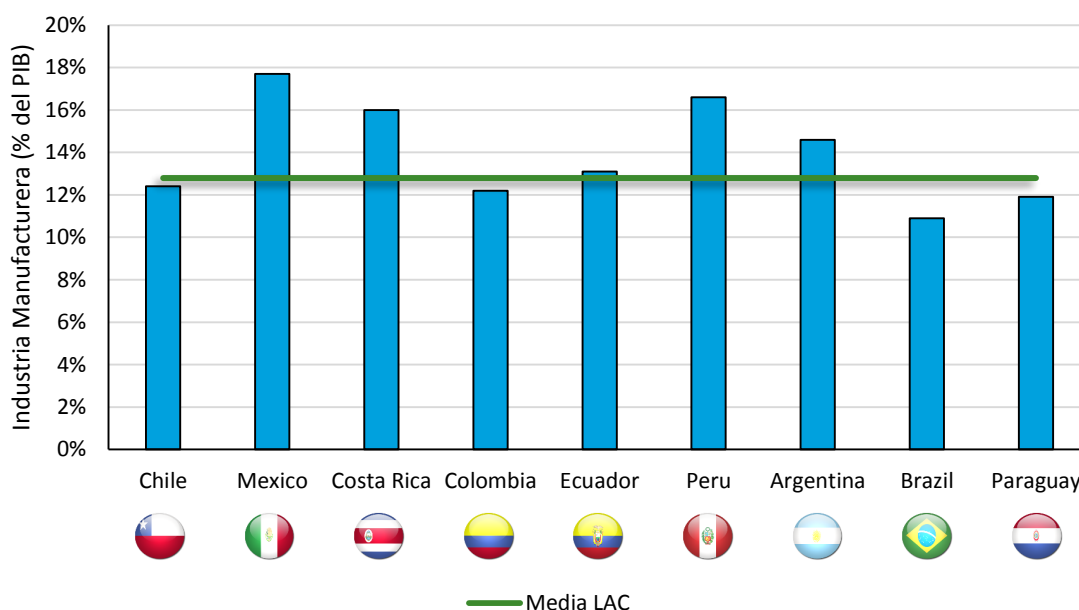


Figura 81. Industria manufacturera en LAC¹¹⁰

En comparación con los países pertenecientes a la OCDE, la región de América Latina tiene un número de exportaciones de productos manufacturados per cápita mucho menor (en torno a 7 veces más pequeño). Este dato refleja la necesidad de una mejora que permita aumentar la producción y productividad para ser más competitivos y alcanzar los niveles establecidos por los países de la OCDE.

¹¹⁰ Fuente: CEPALSTAT

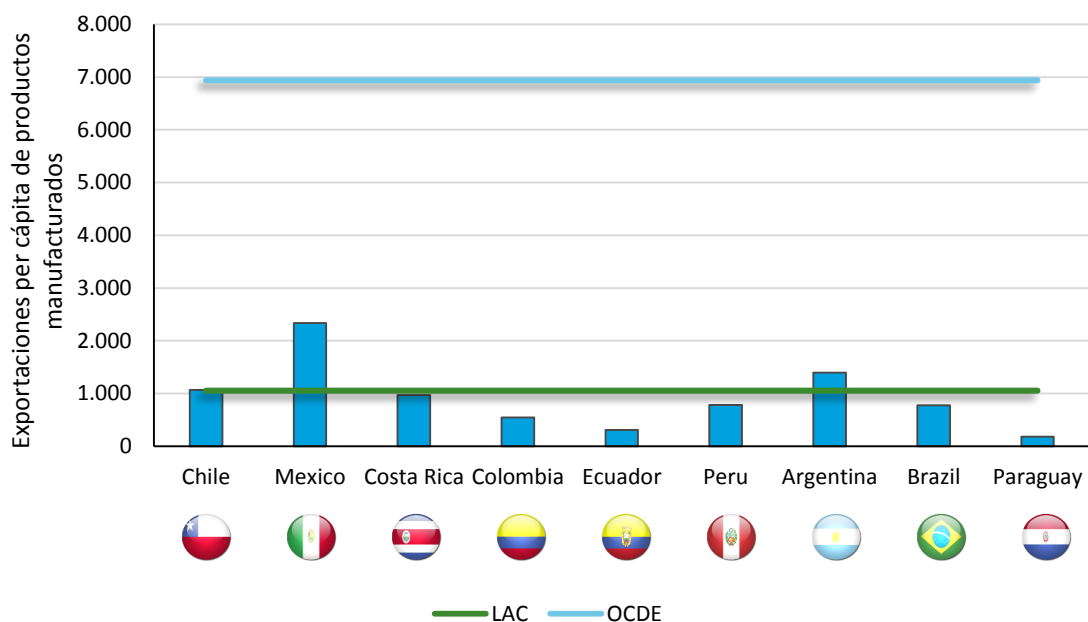


Figura 82. Comparación regional con la OCDE de las exportaciones per cápita de productos manufacturados¹¹¹

El uso de las TIC y la implantación de nuevas tecnologías, tales como IoT o *Big Data*, pueden ayudar a crear el impulso que la región LAC necesita.

En la siguiente figura se pone de manifiesto este hecho. La relación existente entre la sofisticación de procesos productivos y la puntuación obtenida en el índice de barreras para el IoT:

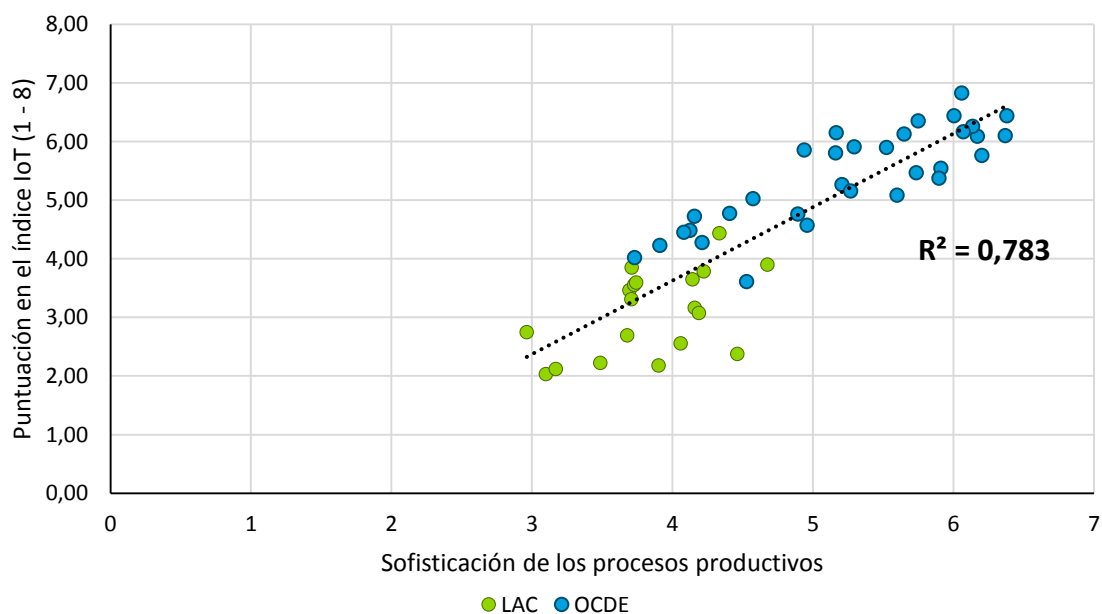


Figura 83. Relación entre la sofisticación de procesos productivos y el índice IoT¹¹²

¹¹¹ Fuente: UNDO

¹¹² Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos del WEF

La sofisticación de procesos productivos, podría derivar en la mejora de otros aspectos de gran relevancia, como el valor añadido per cápita.

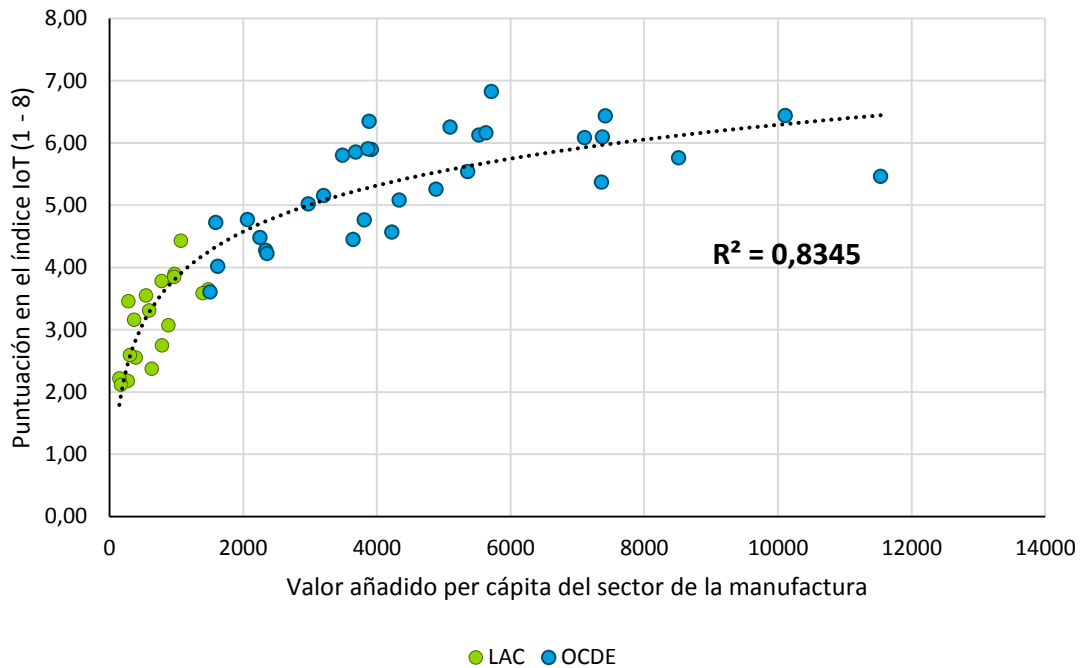


Figura 84. Relación entre el valor añadido per cápita y la puntuación en el índice IoT¹¹³

Un ejemplo de soluciones que podría actuar como palanca sería la gestión de activos y monitorización de productos finales a lo largo de la cadena de valor.

De la misma forma, otras soluciones basadas en IoT, como pueden ser el mantenimiento predictivo de maquinaria, gestión de flotas y gestión de condiciones ambientales en los entornos de trabajo, generan un aumento de la eficiencia debido a la optimización del rendimiento, aumentando, además, la satisfacción de los clientes.

Tal y como se ha demostrado, los indicadores desarrollados en este informe muestran cómo los países de la OCDE, gracias a la implantación de soluciones de digitalización, consiguen mejorar la productividad y el rendimiento, generando valor para clientes mayoristas y minoristas. Esto lleva a pensar que existe una gran relación entre la implantación de sistemas y soluciones IoT y el crecimiento económico.

¹¹³ Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos de UNDO

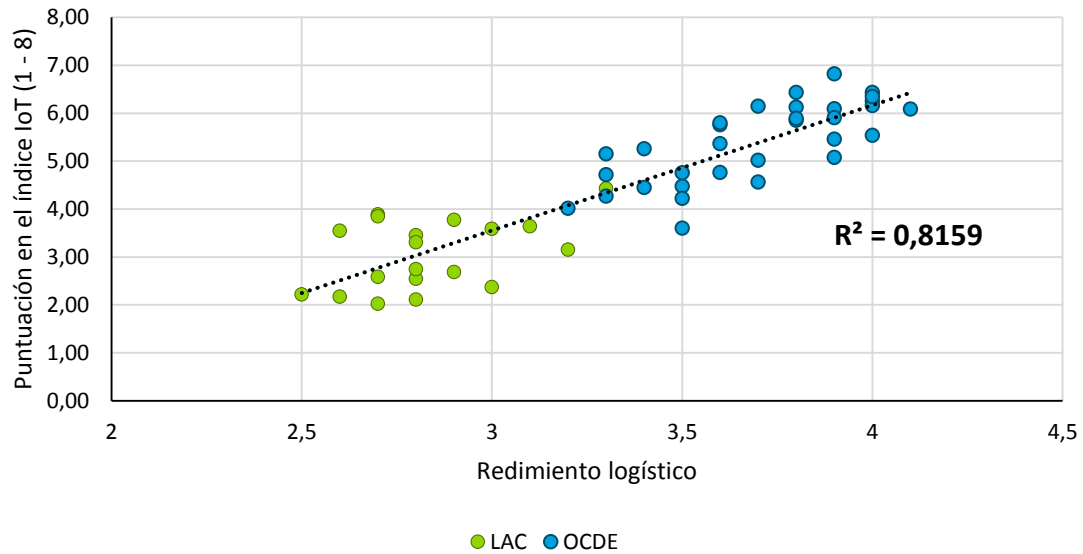


Figura 85. Relación entre el rendimiento logístico y el índice de barreras IoT¹¹⁴

Otra de las conclusiones que aporta el análisis llevado a cabo, es que el impacto que este tipo de soluciones genera en la cadena de valor, se produce de principio a fin de la misma. Llegando a afectar tanto a logística y los procesos de las empresas como a los clientes.

4.2.2 Casos de uso

El potencial digital de este sector radica principalmente en la explotación de soluciones basadas en IoT y *Cloud*, con las que agregar valor en todo el proceso de fabricación y distribución de manufacturas.

El entorno IoT tiene capacidad para impactar en los diferentes eslabones de la cadena de valor del sector, desde el proceso de diseño de un producto, hasta la gestión del estado de los pedidos, pasando por todo el proceso de fabricación. En la siguiente figura se muestra un esquema de distintas tipologías de soluciones IoT, dentro de la cadena de valor del sector manufacturero, en el que figura una estimación del número de dispositivos necesarios para cada tipo de sistema.

¹¹⁴ Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos del Global Innovation Index

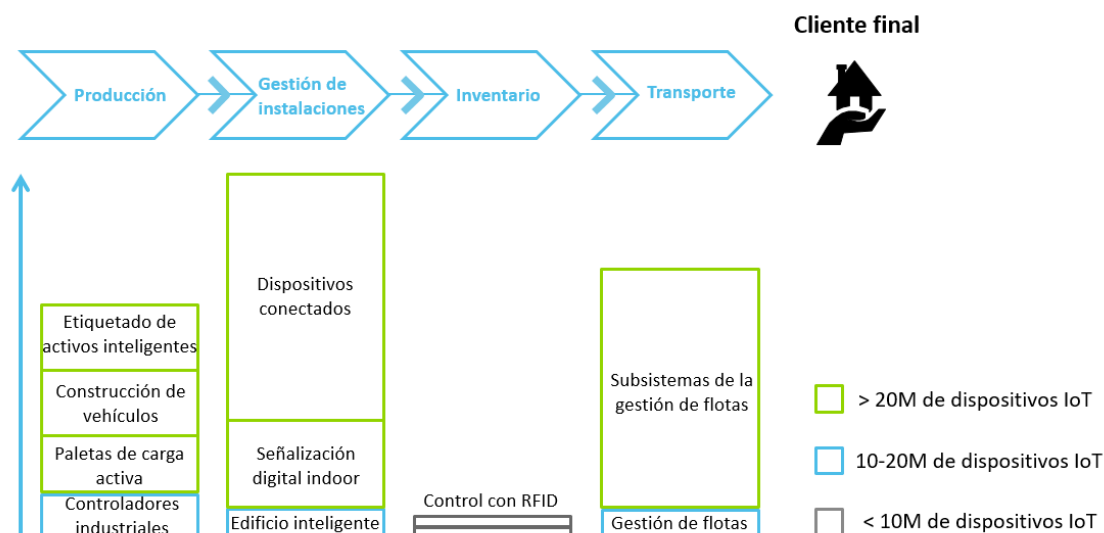


Figura 86. Número de dispositivos IoT en soluciones del sector manufactura¹¹⁵

Tal y como se puede ver en la Figura, las soluciones relacionadas con gestión de activos, mantenimiento preventivo, gestión de flotas y monitorización de condiciones ambientales; son las soluciones que dispondrán de un mayor número de dispositivos IoT.

CASO DE USO 1 - GESTIÓN DE ACTIVOS Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La tecnología IoT permite una gestión más eficiente de los activos en las fábricas. Las soluciones de monitorización, mediante datos recopilados por sensores, permiten conocer la localización de los activos, su estado y funcionamiento y el uso de los mismos que realiza el personal, facilitando de esta forma su gestión entre distintas áreas/personas y maximizando el tiempo que son empleados mediante mecanismos de mantenimiento predictivo y plataformas de gestión en tiempo real o cuasi-real.

La arquitectura funcional general de este tipo de soluciones se basa en la instalación de diferentes tipos de sensores en los activos. Estos sensores envían, de forma periódica, información de interés acerca del dispositivo, como su localización o estado de funcionamiento. La información es transmitida, mediante una red de comunicaciones (Wi-Fi, Bluetooth, celular, etc.), para posteriormente ser recopilada y analizada en una plataforma en la nube, desde la cual se envían alertas al resto de sistemas y se visualizan resultados a través de plataformas web y/o aplicaciones, que permiten conocer al profesional los datos acerca del activo sensorizado.

La gestión de activos puede ser implementada a lo largo de todo el proceso de fabricación, desde que el material llega a la fábrica y es etiquetado con un sensor, hasta que el producto es entregado al cliente, tras su reparto.

¹¹⁵ Fuente: Análisis de Deloitte utilizando datos de Gartner

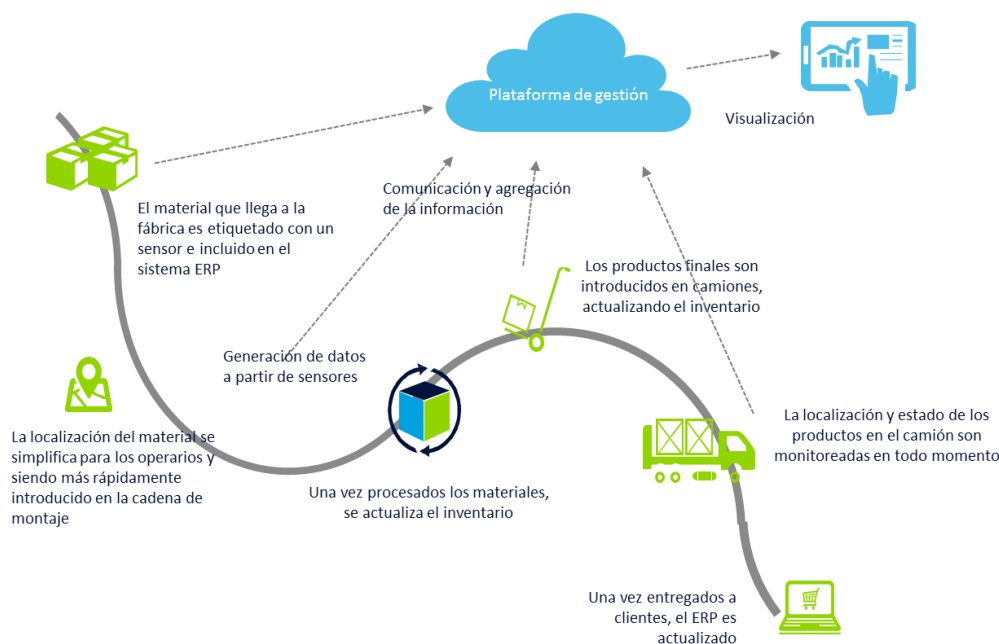


Figura 87. Solución IoT para gestión de activos

Muchas compañías a nivel internacional han apostado por este tipo de soluciones, desarrollando plataformas que recopilan información de diagnóstico de los activos y aplican métodos analíticos para maximizar la eficiencia de su uso y realizar actividades de mantenimiento preventivo. Según Siemens, la mejor sincronización de los procesos en la cadena de producción que reduzca el tiempo de reparto, permite reducir un 10% el consumo de energía¹¹⁶.

GESTIÓN DE GENERADORES DE ENERGÍA

Cummins Power Generation¹¹⁷ es una compañía dedicada al diseño, fabricación y comercialización de generadores de energía utilizados, principalmente, en motores y sistemas médicos. La empresa vende la mayoría de sus generadores a través de una red global de aproximadamente 8.000 concesionarios de coches y una multitud de hospitales en 190 países distintos.

La compañía ha aprovechado el potencial de IoT para establecer nuevos estándares de eficiencia, confiabilidad y atención al cliente; mediante su solución PowerCommandCloud, lanzada en 2016, la cual permite controlar de forma remota sus sistemas de energía en cualquier parte del mundo. PowerCommandCloud, que utiliza la plataforma de Microsoft Azure IoT, es una solución de monitoreo remoto, basada en la nube, que recopila una gran cantidad de datos que pueden ser analizados para predecir y evitar problemas. Los datos de rendimiento de sus generadores son analizados en tiempo real y visualizados a través de una interfaz interactiva, a la que se puede acceder mediante cualquier dispositivo capaz de conectarse a la misma. Utilizando esta interfaz, los técnicos pueden obtener información sobre el rendimiento global de los generadores y profundizar en la información de sus componentes individuales, como

¹¹⁶ Fuente: Oliver Wyman, 2015

¹¹⁷ Fuente: <https://www.microsoft.com/es-es/internet-of-things/customer-stories#manufacturing&cummins>

pueden ser los grupos electrógenos, los interruptores de transferencia e incluso las fuentes de combustible que alimentan el generador.

La solución ofrece un beneficio considerable a los clientes de Cummins Power Generation, ya que los problemas que surjan en cualquiera de los generadores Cummins serán detectados y, por tanto, solucionados con una mayor rapidez, rebajando considerablemente los tiempos de inactividad y, en consecuencia, con un aumento en la eficiencia de los sistemas. Los clientes además disponen de notificaciones en tiempo real y visualización de sus sistemas de forma remota, lo cual incrementa el control sobre sus equipos y el aumentando de sus niveles de satisfacción y confianza. Además, Cummins Power Generation tiene la intención de continuar mejorando su solución, añadiendo las capacidades de tecnologías como el *Big Data* o el *machine learning*, que permiten dotar de inteligencia a sus sistemas, disminuyendo, de este modo, los tiempos de reparación de sus generadores y, en consecuencia, aumentando el grado de satisfacción de sus clientes.

MONITORIZACIÓN DE MAQUINARIA

La operadora AT&T¹¹⁸, dispone de una plataforma que monitoriza una serie de variables en elementos de maquinaria (tractores, carretillas elevadoras, grúas, etc.), como localización, temperatura, horas de uso, batería y presión. La monitorización del estado de estas condiciones permite la gestión remota del uso de estas máquinas, comprobando el rendimiento de las mismas y pudiendo adecuar acciones de reparación o recambio antes de que se produzcan tiempos de inactividad, lo cual supone un aumento en la productividad y, por tanto, una reducción de costes.

SOLUCIÓN PARA LA MONITORIZACIÓN DE CONTENEDORES REFRIGERADOS DE AT&T

La compañía Maersk Line¹¹⁹, líder mundial en envío de contenedores, dispone de una solución, desarrollada junto con la operadora AT&T, para la monitorización remota de sus cargamentos. Esta solución permite registrar, a través de conectividad móvil, las condiciones dentro de los contenedores refrigerados de forma remota y en tiempo real, garantizando el correcto mantenimiento de productos perecederos sin necesidad de revisión manual de los contenedores.

MONITORIZACIÓN DE SISTEMAS DE ELEVACIÓN

La compañía alemana ThyssenKrupp aplica soluciones IoT para mejorar el servicio ofrecido por sus sistemas de elevación. La solución MAX¹²⁰ de mantenimiento preventivo y servicio predictivo, desarrollada junto a Microsoft, está basada en la instalación de una red de sensores, en sus sistemas de elevación, capaces de generar información relacionada con el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema. Estos datos son enviados a una plataforma de gestión, que se encarga de agregar y analizar la información, y se comunica con el centro de control de la empresa, mediante una aplicación y llamadas de emergencia.

¹¹⁸ Fuente: <https://www.business.att.com/enterprise/Family/internet-of-things/iot-equipment-machinery/>

¹¹⁹ Fuente: What you need to know about IoT – AT&T- <https://www.business.att.com/content/whitepaper/what-you-need-to-know-about-iot.pdf>

¹²⁰ Fuente: <https://www.thyssenkrupp-elevator.com/es/productos/max/>

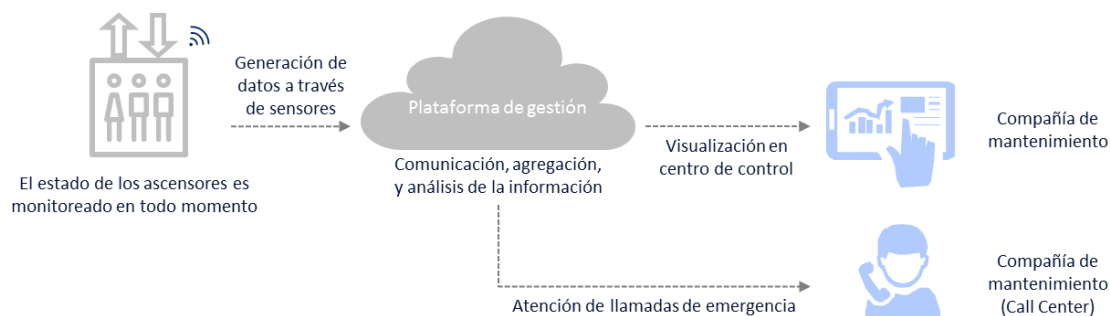


Figura 88. Descripción funcional de la solución para la gestión de ascensores

Mediante la implantación de esta solución, Thyssen consigue una serie de ventajas que permiten una mejora sustancial en su servicio:

- Reducir el tiempo de inactividad de sus ascensores hasta un 50%, reduciendo los fallos en un 70% y gestionando preventivamente las reparaciones necesarias
- Reducción del 30% en sus costes de reparación
- Prolongar la vida útil del sistema de elevación
- Mejorar la calidad de su servicio y en la satisfacción de su clientela
- Dotar de una eficiencia inteligente a las ciudades

CONTROL DE INVENTARIO Y MONITORIZACIÓN DE ALMACENES

Tigo, como marca comercial de la operadora Millicom, dispone de una solución para la gestión del inventario y monitorización de las condiciones de almacenamiento¹²¹. Mediante una red de diferentes sensores es capaz de obtener información cuantitativa sobre una determinada pieza y regular las condiciones ambientales sobre las que se encuentra almacenada.

A través de esta solución es posible realizar un control de inventario más eficiente, evitando los tiempos de inactividad por falta de material y mejorando las condiciones de almacenamiento, consiguiendo de esta manera un equilibrio entre el número de piezas adecuado que garantice la actividad de la cadena de producción y, a su vez, evite un almacenamiento excesivo que pueda generar costes evitables.

GESTIÓN DE NIVELES EN TANQUES DE GASOLINA Y GAS.

Varias soluciones similares, en concepto, a las vistas anteriormente son las de monitorización de tanques de combustible y gas desarrolladas por AT&T en Estados Unidos y Smability en México.

¹²¹ Fuente: <https://business.tigo.com.py/grandes-empresas/soluciones-avanzadas/m2m>

La solución de AT&T, permite a los distribuidores mejorar su eficiencia, reduciendo sus costes de entrega hasta en un 30%¹²². La solución está basada en la instalación de un equipo de medición sencillo, conectado a la nube a través de redes de conectividad de AT&T, que recopila información acerca de los niveles de llenado del tanque, sus condiciones ambientales, etc...; la analiza y envía eventos en caso de urgencia.

Los encargados de la gestión del tanque pueden visualizar información sobre el nivel de llenado, fijar alarmas ante posibles errores o conocer los hábitos del uso del tanque y predecir futuras acciones de acuerdo a éstos, lo cual supone un aumento en términos de eficiencia en tiempos y una reducción de costes.

Telcel, en otra de sus soluciones para impulsar el IoT en la región, incentiva a la *start-up* Smability¹²³. Esta pequeña empresa busca cambiar el *status quo* de la forma de consumir, medir y demandar Gas LP. La solución, llamada Push2Gas, está basada en la colocación de sensores inteligentes en el tanque de gas. Estos sensores almacenan datos en la nube y se sincronizan con una aplicación. De esta forma el usuario sabe cómo evoluciona su consumo y cuál es el nivel de gas del tanque en todo momento.

La aplicación permite gestionar los pedidos y facturas de forma totalmente flexible. Comprobando y calificando, además el servicio que recibe el cliente por parte de la compañía de gas. Esta solución satisface tanto al usuario como a la compañía, pues permite mejorar el servicio y reducir los costes de operación del mismo hasta en un 20%, entregando, de esta forma, más combustible de forma más eficiente.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE HERRAMIENTAS CORTADORAS DE METALES

Sandvik Coromant¹²⁴ es una empresa sueca suministradora de herramientas y servicios de corte de metales. La compañía disponía de un equipo de especialistas que ayudaban a sus clientes en la integración de sus herramientas dentro de la cadena de fabricación. Sin embargo, el crecimiento en la venta de sus productos creó un nuevo desafío para la compañía, ya que se hacía difícil mantener la calidad tanto en la fabricación, como en la atención técnica al cliente.

Sandvik Coromant aprovechó las nuevas tecnologías, en concreto el IoT, para crear una solución escalable capaz de ofrecer la misma calidad de servicio y experiencia técnica, que la ofrecida por su personal cualificado. Mediante la colaboración con Microsoft, que pone a disposición algunas de sus herramientas como Azure IoT Suite, Cortana Intelligence o Dynamics 365; Sandvik ha desarrollado un modelo de servicio con una solución de análisis predictivo que une todos los elementos de la cadena de suministro y el proceso de fabricación.

La solución se basa en la instalación de sensores en todas las herramientas de la planta de fabricación, con los que se consigue recopilar y analizar datos que sirven para monitorizar cada

¹²² Fuente: <https://www.business.att.com/solutions/Service/internet-of-things/asset-management/iot-storage-tanks/#Features>

¹²³ Fuente: <http://www.smability.com/>

¹²⁴ Fuente: <https://www.microsoft.com/es-es/internet-of-things/customer-stories#manufacturing&sandvikcoromant>

aspecto del desempeño de las máquinas, así como para localizar la existencia de cuellos de botella en la cadena de suministro. Además, el estudio de estos datos permite optimizar el proceso de fabricación y crear un cronograma de mantenimiento predictivo que está diseñado para ayudar a evitar paradas no programadas y, por tanto, aumentar la productividad. Por último, la solución utiliza los datos recopilados de las diferentes herramientas para predecir cuándo cambiar u ordenar la reparación de los distintos elementos de la maquinaria.

En definitiva, la empresa Sandvik Coromant ha conseguido digitalizar su modelo de negocio y proporciona servicios que ayudan a los clientes a tomar decisiones en base a una mayor información. Esto se traduce en ingresos adicionales, clientes más fieles y una mayor flexibilidad en la forma en que sus expertos se relacionan con sus clientes.

CASO DE USO 2 - GESTIÓN DE FLOTAS

La tecnología IoT tiene una aplicación directa sobre la gestión de flotas. Algunas de las soluciones, basadas en IoT, permiten: monitorización de los vehículos y sus cargamentos, gestión del almacenamiento en las flotas, localización a tiempo real de los activos, planificación inteligente de rutas, etc... El principal beneficio de los servicios, que tienen por objetivo la gestión de flotas, es la reducción de costes, debida al ahorro por: reducción de kilometraje, reducción de personal y optimización de la energía y las comunicaciones. Esta reducción de costes se traduce en un aumento de la productividad.

Según Machina Research, se estima que habrá 1.200 Millones de vehículos conectados para 2024¹²⁵, por lo que las soluciones IoT sobre gestión de flotas podrían suponer un gran impacto en términos económicos.

Millicom International Cellular¹²⁶, dispone de una solución, a través de Tigo, para gestión inteligente de flotas con la que permite gestionar parámetros como:

- Tiempo de uso del vehículo
- Tiempo en el que el vehículo está en mantenimiento
- Tiempo / Kilómetro de uso para cada pieza que requiera reposición periódica por desgaste
- Tiempo de parada de un vehículo
- El estilo de conducción del conductor
- El descanso del conductor
- Número de kilómetros por ruta

¹²⁵ Fuente: <https://www.business.att.com/content/whitepaper/what-you-need-to-know-about-iot.pdf>

¹²⁶ Fuente: <https://business.tigo.com.py/grandes-empresas/soluciones-avanzadas/m2m>

La monitorización de estos parámetros otorga un conocimiento que permite optimizar: rutas, tiempos de conducción, tiempos de reparación, etc... Una mejora en estos aspectos, genera de forma directa una reducción de costes para el propietario de la solución.

Telefónica, en colaboración con Masternaut (proveedor de servicios de telemática en vehículos en numerosos países), también ha desarrollado una solución para la gestión inteligente de flotas con la que estima un ahorro cercano al 25-30% de combustible¹²⁷.

Con los datos generados por la aplicación, se obtiene información sobre qué vehículos operan mejor sobre qué rutas, qué conductores se adaptan mejor a qué vehículos, etc. Y puesto que las rutas son conocidas y el factor de desgaste de las piezas también, es posible tener listo repuestos de un vehículo en su siguiente punto de destino, evitando, de esta manera, paradas innecesarias, lo cual conlleva un ahorro en costes y tiempos de uso del vehículo.

Por último, la operadora Vodafone, también dispone de una solución IoT para gestión de flotas, Politel¹²⁸. Las características de su solución, son:

- Localización GPS en tiempo real
- Posibilidad de crear perfiles de usuario a medida
- Toma de datos de velocidad, distancia recorrida y horarios en los que el vehículo está activo
- Alarmas por fallos en algún componente de la flota
- Búsqueda del vehículo más cercano a una dirección

Las ventajas que permite la solución de Vodafone, son:

- Optimización del flujo de vehículos y su carga en relación con el estado de la vía
- Reducción y eliminación de costes
- Reducción de las emisiones de carbono gracias a la optimización de rutas
- Visibilidad y control total sobre la flota de vehículos
- Gestión de la plantilla mediante el control de tiempos de conducción

¹²⁷ Fuente: https://iot.telefonica.com/sites/default/files/press-releases/news_12_09_2011_telefonica_masternaut_3.pdf

¹²⁸ Fuente: IoT Gestión de Flotas – Politel - <http://politel.es/productos-vodafone/iot-gestion-flotas/>

CASO DE USO 3 - GESTIÓN INTELIGENTE DE CONDICIONES AMBIENTALES Y LUMÍNICAS

El desarrollo sostenible pasa necesariamente por el uso más eficiente de los recursos energéticos. Las soluciones IoT enfocadas al consumo eficiente de calefacción y luz entre otros, permiten reducir los costes energéticos significativamente.

Estas soluciones consisten, principalmente, en la instalación de sensores de temperatura, movimiento, presencia, humedad o medidores de dióxido de carbono en los espacios de interés. La información es enviada, a través de redes de comunicaciones, a la nube donde se encuentra la plataforma de gestión que realiza el análisis de datos.

A continuación, se destacan algunas de las aplicaciones que tiene la gestión de condiciones ambientales mediante soluciones IoT:

- **Control de las condiciones ambientales en fábricas y edificios cerrados:** Para evitar el gasto de luz, calefacción o aire acondicionado cuando no hay presencia de profesionales o ajustar estas en las zonas según la radiación solar de la estancia. La gestión puede permitir la entrada de aire desde el exterior cuando el nivel de dióxido de carbono sea elevado o exista la oportunidad de evitar el consumo de aire acondicionado. Un ejemplo de una gestión de este tipo es la ofrecida por la empresa 75F¹²⁹.
- **Control de las condiciones en las diferentes etapas de la cadena de producción:** Es posible controlar las temperaturas de todas las máquinas y estancias involucradas dentro de la cadena de fabricación de un producto. Lo cual permite optimizar el rendimiento de las máquinas, evitar fallos, hacer cambios de piezas en base a bajadas de rendimiento, etc.
- **Control de las condiciones en contenedores o espacios de almacenamiento:** Para garantizar que se adecúan a las necesidades de los productos, particularmente en el caso de materiales perecederos (fruta, verdura, carne, pescado, etc.). La gestión de las condiciones ambientales, en este caso, puede requerir aspectos regulatorios o certificados de calidad.

Telefónica estima que sus soluciones a través de la detección de la presencia o sensores para adaptar la iluminación o programar alertas producen un ahorro energético del 35%. Otros servicios como hosting virtual y *Cloud Computing* también favorecen el ahorro energético, concentrando los dispositivos operando y consumiendo y eliminando el número de equipo necesario. Se convierten así en soluciones clave en el desarrollo sostenible¹³⁰.

¹²⁹ Fuente: <http://www.iotjournal.com/articles/view?14548/>

¹³⁰ Fuente: <https://www.telefonica.com/es/web/sostenibilidad/telco-digital-accesible/green-tic>

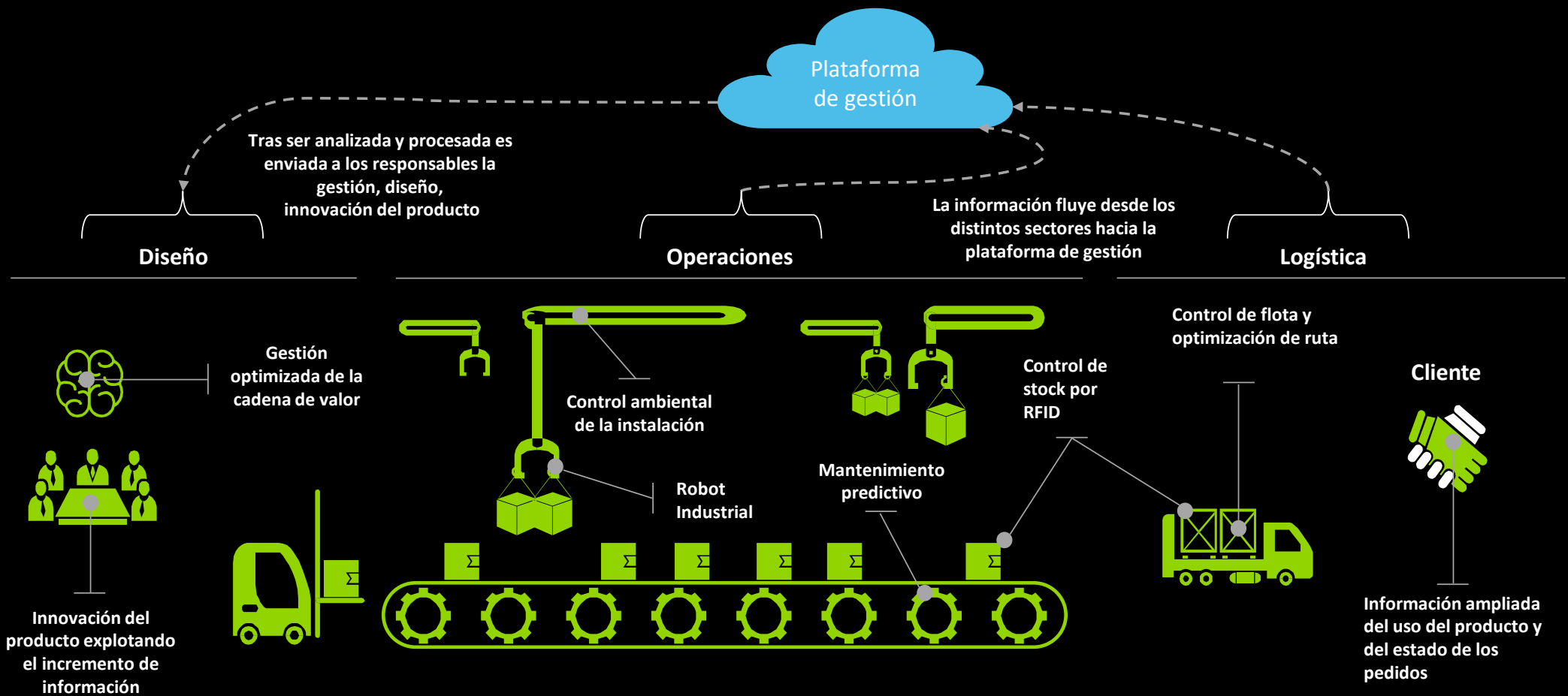


Figura 89. Pool de casos de uso dentro del sector manufacturero



4.3 SECTOR AGRÍCOLA

Es destacable que la agricultura contribuya en hasta un 9% del PIB y constituya hasta el 50% del empleo en algunos países de América Latina. En general, la productividad de este sector empresarial se encuentra muy por debajo de los niveles que presenta la OCDE.

El menor avance económico y la gran ruralización que está presente en la región hacen prioritario para la mayoría de países el impulso del sector agrícola. Las soluciones basadas en IoT pueden ayudar a este sector, especialmente relevante en la región por conformar una parte importante del PIB en todos los casos.



4.3.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT

De manera análoga al resto de sectores, se ha realizado un análisis que establece la relevancia que podría tener la inclusión de sistemas basados en conectividad IoT dentro del sector agrícola. Para ello, se han presentado indicadores relevantes, que muestran la situación del sector, así como la correlación entre algunos indicadores relevantes que muestran el rendimiento del sector y la puntuación obtenida del índice de las barreras para la adopción del IoT.

La participación del sector agrícola en la economía de los países de la región es muy superior a la observada en la OCDE. Ésta es, además, especialmente crítica en aquellos países y población con menos recursos. Por este motivo, la importancia del sector para el empleo en algunos países es, si cabe, aún más importante.

La siguiente figura muestra la situación general que vive la región en ambos aspectos.

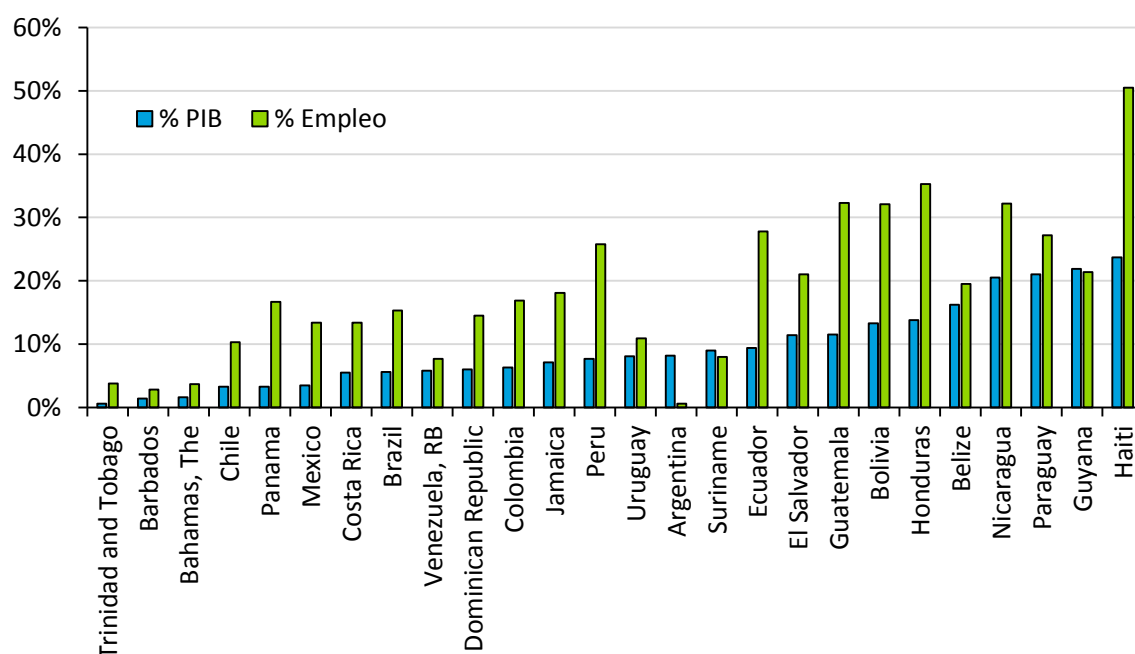


Figura 90. . Estado del empleo agrícola y contribución del sector agropecuario al PIB¹³¹

Existen otros indicadores que hablan de la importancia de este sector para la región. Ejemplo de ello es el índice de la cosecha¹³², que muestra cómo la agricultura ha crecido en importancia y producción desde 2006 y también el área cultivable¹³³ que en algunos países asciende casi hasta el 10% del terreno.

¹³¹ Fuente: Banco Mundial y CEPALSTAT

¹³² Fuente: Banco Mundial

¹³³ Fuente: Banco Mundial

Las largas jornadas de trabajo y los duros esfuerzos condicionados a las inclemencias climáticas, en muchos casos no proporcionan el margen de beneficios necesario respecto al trabajo realizado.

El IoT, a través de la medición de las condiciones del suelo, monitorización y gestión inteligente de plantaciones, a través de optimización de riego y ahorro en fertilizantes y pesticidas, tienen el poder de aliviar la carga de trabajo que sufre el trabajador perteneciente a este sector, además de la mejora de la productividad del mismo:

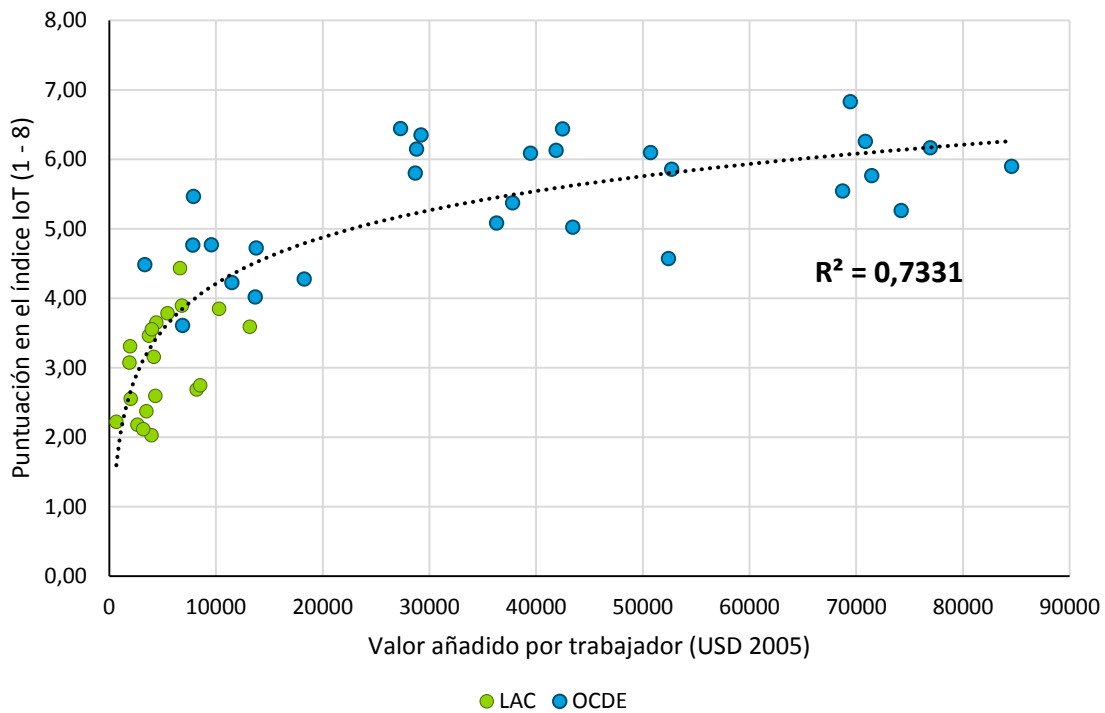


Figura 91. Relación entre el valor añadido por trabajador y la puntuación en el índice IoT¹³⁴

Se observa una relación exponencial en la que un aumento del desarrollo de soluciones IoT, supondría un incremento en ese valor añadido por trabajador.

Estas soluciones serían la palanca ideal para incrementar el valor añadido por trabajador, hecho que multiplicaría en mayor medida los beneficios, debido a la gran cantidad de trabajadores dedicados a la agricultura que hay en la región.

De igual forma, supondrían un aumento en la producción de productos, pues el aumento de valor añadido por trabajador haría incrementar la eficiencia y con ella aumentaría la productividad. Un ejemplo de ello se muestra en la siguiente figura, en la que se pone de manifiesto la relación lineal entre la producción de un tipo de cultivo respecto a la implantación de sistemas IoT.

¹³⁴ Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos de Banco Mundial

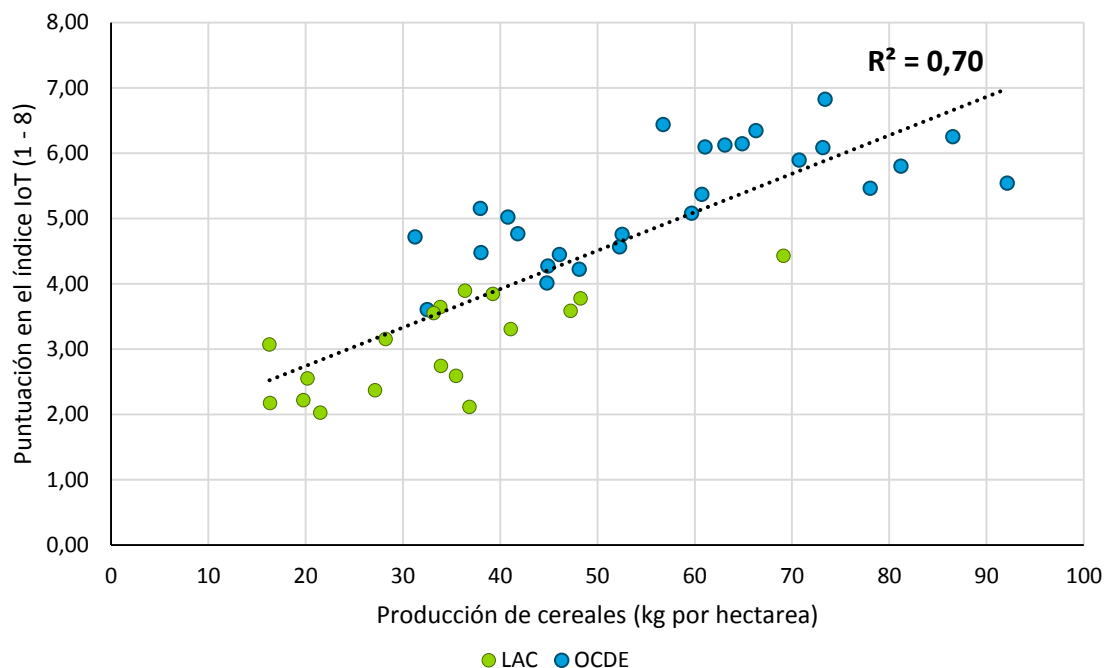


Figura 92. Relación entre la producción de cereales y la puntuación en el índice IoT¹³⁵

Los países con mayor avance en el sector, pueden desarrollar soluciones más complejas que aumenten la productividad de los procesos agrícolas y optimicen el esfuerzo de sus trabajadores.

4.3.2 Casos de uso

El desarrollo de soluciones innovadoras de sensorización y recogida de datos sobre el estado del campo y los recursos empleados en él, así como las soluciones relacionadas con gestión de flotas, prometen ser esenciales en el crecimiento del sector en los próximos años permitiendo nuevos modelos de negocio, mayor productividad y menor uso de recursos entre otros.

Algunos de los casos de uso, ofrecidos por las soluciones IoT, para los sectores agrícola y pecuario son:

CASO DE USO 1 - SENSORES DE MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE LA PLANTACIÓN

Las soluciones IoT permiten la monitorización de, prácticamente, la totalidad de los factores que influyen en la producción agrícola. La monitorización de temperatura, humedad o niveles de gases posibilita la optimización del uso de tractores, tiempos de recogida y uso de fertilizantes o pesticidas.

La gestión eficiente da como resultado una reducción en la pérdida de agua y recursos (fertilizantes, pesticidas) e incrementa la calidad del producto (certificados de calidad, minimización del uso de pesticidas y elementos no naturales).

¹³⁵ Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos del Banco Mundial

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE

La solución King Soil King de Precision King¹³⁶, implementada en granjas estadounidenses, permite a los agricultores monitorizar uno de los factores clave sobre la producción agrícola: el riego por agua.

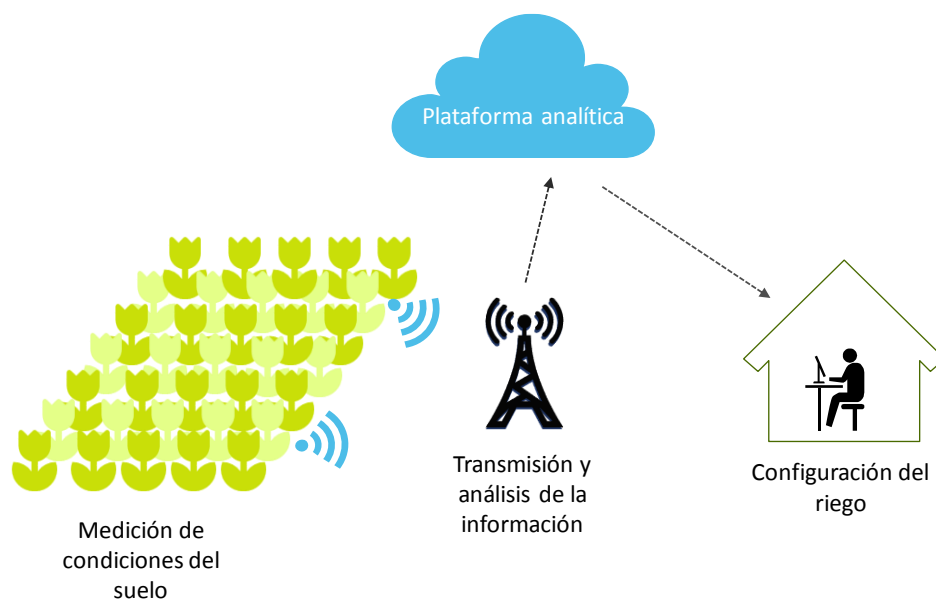


Figura 93. Diseño funcional de la solución para detección de condiciones del suelo

Utilizando los servicios IoT de AT&T, Precision King recopila datos del suelo y los transmite a su consola. Los agricultores reciben alertas cuando la red de sensores capta mediciones de las propiedades del suelo que superan o son inferiores a los umbrales preestablecidos. No regar en exceso ahorra combustible y costos de equipos, y preserva un recurso natural importante.

Precision King también utiliza la tecnología IoT de AT&T para ayudar a monitorizar las condiciones climáticas y rastrear los equipos. El acceso a los datos de viento, temperatura y humedad proporciona a los agricultores la posibilidad de visualizar de forma remota las condiciones de cultivo, otorgándole, de esta manera, la capacidad para tomar decisiones casi en tiempo real, como mover o cerrar el riego desde prácticamente cualquier lugar.

MONITORIZACIÓN DEL GANADO EN COLOMBIA PARA AUMENTAR LA FERTILIDAD

Claro, del grupo América Móvil, y Celotor en Colombia, han desarrollado una solución para agroindustria basada en tecnología IoT para la monitorización del ganado, que permite detectar el celo de las vacas y facilitar el proceso reproductivo por inseminación, duplicando las probabilidades de fecundar.

¹³⁶ Fuente: http://about.att.com/newsroom/connected_food.html

SOLUCIÓN IOT PARA GRANJAS AGRÍCOLAS EN ESPAÑA

En España, Telefónica proporciona una solución IoT basada en un sistema de riego automático en una docena de granjas¹³⁷. El sistema se basa en la conexión, mediante red celular (GPRS), de las válvulas hidráulicas y los sensores que monitorizan el estado del suelo. Los agricultores pueden ajustar los niveles de riego en función de las condiciones de la plantación, gracias una aplicación disponible para ordenadores, tablets o teléfonos móviles.

La solución ha repercutido muy positivamente en las granjas que las han implantado, produciendo los siguientes beneficios:

- Ahorro de 47hm³ de agua por año
- Aumento del 25% de las ganancias debidas a la producción
- Reducción del 30% en las facturas eléctricas

La solución continúa expandiéndose, pero existen diversos factores identificados como necesarios para su consolidación: la formación de los agricultores en nuevas tecnologías, la creación de un entorno normativo favorable y el apoyo institucional.

SOLUCIÓN AGRÍCOLA COMPLETA PARA LA PRODUCCIÓN EN VIÑEDOS

Otro ejemplo de la aplicación de este tipo de soluciones es la implementada en los viñedos de la empresa Hahn Family Wines¹³⁸. La solución desarrollada por Verizon, mide las condiciones ambientales y crea analíticas para la gestión eficiente del uso del agua y de la utilización de productos químicos para el crecimiento óptimo de la uva.

Los sensores móviles conectados a un *Gateway* para su salida a Internet, recogen datos del suelo y del aire que permiten al agricultor evitar pérdidas de plantas, conocer si hay demasiada agua o falta de riego y reducir costes operativos (por ejemplo, regando sólo cuando es necesario y sin necesidad de revisión manual de las condiciones del suelo).

SOLUCIÓN AGRÍCOLA COMPLETA PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATES

Analog Devices Inc. (ADI) está trabajando en un proyecto llamado "Internet de los Tomates" en Massachusetts. Este experimento de agricultura de precisión aprovecha tecnologías como los sistemas microelectromecánicos (MEMS) y sensores¹³⁹.

ADI integra soluciones de hardware con una aplicación IoT basada en la nube de ThingWorx para desarrollar una solución completa para los agricultores, proporcionándoles aplicaciones y tableros integrados en ThingWorx para comprender mejor e implementar mejoras.

¹³⁷ Fuente: <http://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/Images/PDF/v2-smart-agriculture-0517.pdf?la=en>

¹³⁸ Fuente: <http://www.iotjournal.com/articles/view?13777>

¹³⁹ Fuente: <http://www.telcelsoluciones.com/articulos/de-la-agricultura-inteligente-al-internet-de-los-tomates>

CASO DE USO 2 - SOLUCIÓN APLICADA A LA MINERÍA

Entendiendo la minería como un complemento de la agricultura dentro del sector primario, y debido a la importancia que tiene el sector minero en algunos de los países de interés en este estudio, como Chile y Argentina, se presenta una solución IoT aplicada al sector. El proveedor global de soluciones de automatización e información industrial, Rockwell Automation, creó una solución, utilizando las plataformas IoT de Microsoft, que permite agregar valor a lo largo de toda la cadena del negocio del gas y el petróleo¹⁴⁰. Las soluciones IoT de Rockwell Automation comienzan en el proceso de extracción. Hilcorp Energy Company, es una compañía dedicada a la extracción de petróleo que ha incorporado las soluciones IoT de Rockwell Automation a su servicio en Estados Unidos. El fallo de una sola bomba de extracción le cuesta a la compañía entre 100.000 USD y 300.000 USD diarios en producción perdida. Para evitar este escenario Rockwell Automation ha sensorizado las bombas, para que puedan ser monitorizadas continuamente, de forma remota, desde la sala de mando de la compañía. Los sensores de todo el sistema llevan los datos a la nube, desde la que se envían a los ingenieros, a través de paneles digitales. Estos paneles proporcionan información en tiempo real sobre el rendimiento del equipo y las condiciones del petróleo extraído. De este modo se ofrece la capacidad de alertar en el momento en que se detecte algún problema, optimizando el proceso de extracción.

Una vez se produce la extracción del crudo, es necesario el transporte del mismo. Este es otro de los escenarios sobre el cual impactan las soluciones IoT de Rockwell Automation. En cada punto de intersección de la red de transporte están presentes los denominados deslizadores, Lease Automatic Custody Transfer (LACT), que miden la cantidad de producto transferido de un contenedor a otro cuando cambia de medio de transporte. La instalación de sensores en estos equipos permite el mantenimiento remoto de los mismos y la capacidad de monitorizar el producto transferido para garantizar que sea el correcto y coordinar la facturación electrónica inmediata.

Por último, las soluciones de IoT de Rockwell Automation también se extienden a las estaciones de repostaje, en las que mediante la instalación de cientos de sensores, que se comunican con la nube, es posible almacenar datos en tiempo real, que correctamente analizados permiten la realización de informes sobre el funcionamiento del equipo, la creación de un inventario de combustible, el estudio de tasas de consumo y la realización de un mantenimiento predictivo, lo cual conlleva un ahorro de costes. La visualización de toda esta información se puede efectuar mediante ordenadores personales o dispositivos portátiles. Si bien es cierto que estas soluciones están siendo utilizadas principalmente en Estados Unidos y Canadá, la compañía ya planea su salto a Europa y continuar su expansión en América del Norte. Además, Rockwell Automation expone que estas soluciones tan solo son el comienzo del gran abanico que podrán ofertar una vez incorporen tecnologías, como el *machine learning*, a sus servicios, que permiten tratar de manera más eficiente la gran cantidad de datos de los que disponen mediante sus redes de sensores y, con ello, ser capaces de generar más valor para sus clientes.

¹⁴⁰ Fuente: <https://www.microsoft.com/es-es/internet-of-things/customer-stories#manufacturing&rockwellautomation>

CASO DE USO 3 - MONITORIZACIÓN APLICADA AL SECTOR PECUARIO

Las soluciones de gestión agrícolas se extienden al sector pecuario, mediante la monitorización de condiciones en las granjas y establos¹⁴¹. A través de estas soluciones es posible detectar enfermedades en los animales, detectar épocas de celo, etc...

Conexión global de las cabezas de ganado

Como ejemplo de sistema IoT aplicado a la ganadería se aporta el caso de BovControl¹⁴². Esta compañía tiene como objetivo conectar todas las cabezas de ganado a nivel global y su solución ya da servicio en todos los continentes.

La solución de BovControl consiste en la recopilación de datos del ganado, mediante dispositivos identificadores (chips, sensores, etiquetas) que lleva los propios animales. Esta información es enviada a una plataforma analítica capaz de generar una serie de ventajas:

- Aportar información ordenada del ganado de una determinada granja a los organismos certificadores, con el fin de agilizar el proceso de certificación.
- Aportar a la granja un inventario que incluya todos sus animales, proporcionando una mejora en la eficiencia.
- Demostrar el origen de los productos para ofrecer más confiabilidad. De esta manera se aporta seguridad, tanto a los socios comerciales, como a los consumidores finales.
- Monitorizar el registro nutricional de los animales, así como sus revisiones sanitarias, vacunas y controles.
- Mostrar toda la información sobre los animales sobre dispositivos móviles (smartphones, tablets) y ordenadores.

El objetivo final de esta solución es aumentar los niveles de producción de las granjas. BovControl¹⁴³ pretende aumentar la producción de carne en 1,5Kg por animal y día, y la producción de leche en 30 litros por animal y año. Este aumento en los niveles de producción, supondría un impulso para tratar de solucionar el problema del hambre en el mundo, contemplado por las Naciones Unidas como Objetivo de Desarrollo Sostenible a alcanzar antes del año 2030.

¹⁴¹ Fuente: <http://www.iotjournal.com/articles/view?13777>

¹⁴² Fuente: <http://www.bovcontrol.com/en/#ioc>

¹⁴³ Fuente: <https://www.bovcontrol.com/en/#solution>

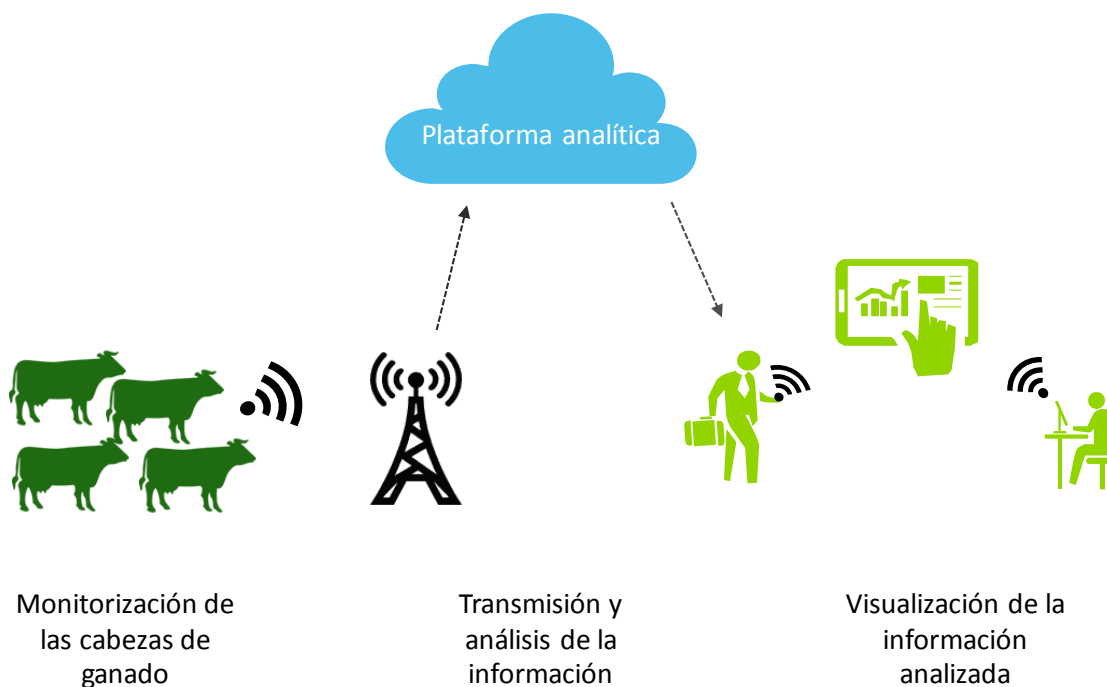


Figura 94. Esquema de la arquitectura de la solución BovControl

MONITORIZACIÓN DE LA CRÍA DE OSTRAS

Otro ejemplo, de solución IoT en el sector agropecuario, es la monitorización de la cría de ostras¹⁴⁴ a través de la recogida de datos de aspectos como la temperatura o la humedad, desarrollada por la empresa Ward Aquafarm, junto con Verizon que aporta su plataforma *Verizon ThingSpace IoT platform*, que permite registrar toda la información captada por los sensores en el *Cloud* y acceder a la misma posteriormente.

Un sensor térmico, incluido en cada cámara, registra la temperatura de cada bolsa de ostras durante el proceso de extracción, limpieza y almacenamiento.

La aplicación no solo se queda en la monitorización de las condiciones de crianza, sino que se extiende a toda la cadena de suministro, monitoreando las temperaturas y humedades también durante el transporte.¹⁴⁵

¹⁴⁴ Fuente: <http://www.iotjournal.com/articles/view?14332/2>

¹⁴⁵ Fuente: <https://www.telefonica.com/es/web/sostenibilidad/telco-digital-accesible/green-tic>

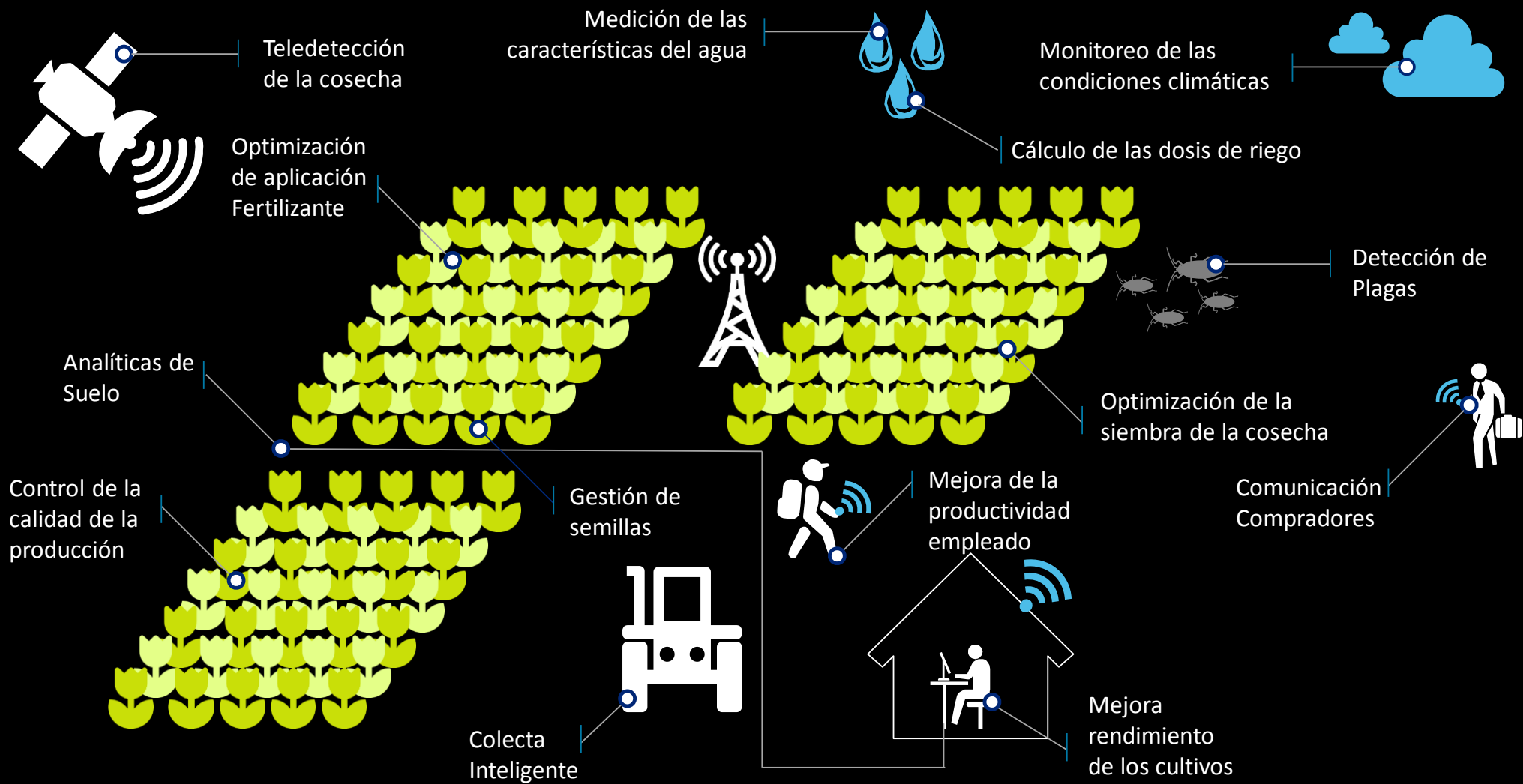


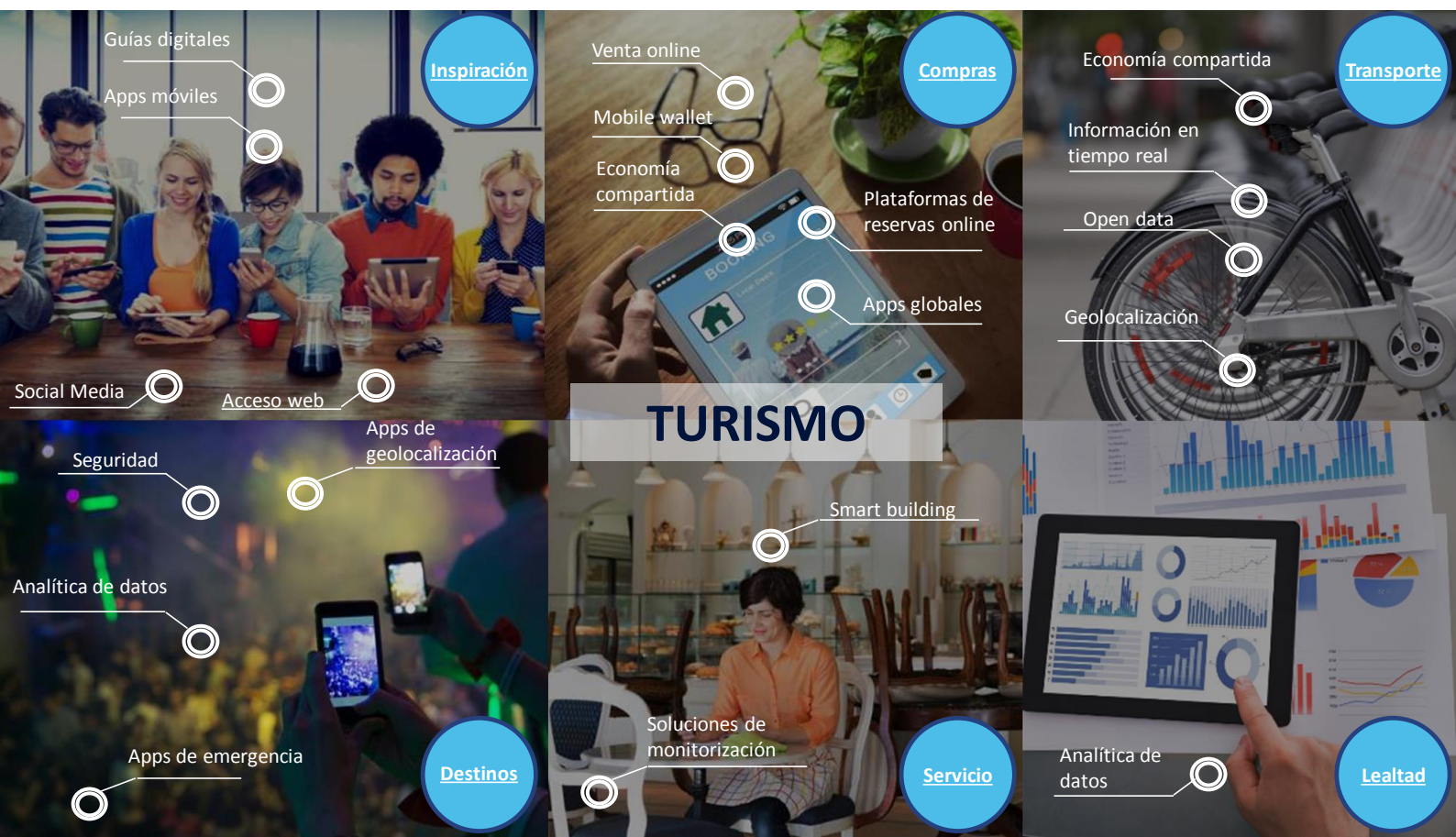
Figura 95. Pool de casos de uso en el sector agrícola



4.4 SECTOR TURISMO

El sector turismo es un sector empresarial de gran relevancia e interés en todos los países bajo estudio, debido al potencial que supone para las economías en toda la región. La gran afluencia de turistas y lo que ello supone para las zonas a las que estos se desplazan tiene un impacto directo e indirecto para los países. La existencia de zonas de interés natural y cultural en la región hace que las soluciones IoT en este sector sean especialmente relevantes.

Son aún más relevantes por el hecho de tener un gran potencial en América Latina. Actualmente, el ratio de turista por persona, en la región de América Latina es de 0,48, mientras que en la OCDE los datos reflejan que este ratio se sitúa en el 0,95.



4.4.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT

Como para el resto de sectores, se ha realizado un análisis que establece la relevancia que podría tener la inclusión de soluciones IoT dentro del sector. Para ello, se han presentado indicadores relevantes, que muestran la situación del sector, así como la correlación entre algunos de ellos, con mayor relevancia, y la puntuación obtenida del índice de las barreras para la adopción del IoT.

Los principales impactos del IoT en el turismo provienen de la mejora de la experiencia de usuario a través de aplicaciones y servicios móviles, la automatización de procesos y actividades a través de sistemas de información y el acceso a un mayor mercado y más eficiente gracias a aplicaciones y servicios de marketing digital y comercio electrónico.

De gran relevancia es el hecho de que el turismo contribuye una media del 5% a las economías de los países en la región, siendo crítico para una pequeña lista de países: Belice, Bahamas y Barbados que presentan valores superiores al 10%, seguido de Panamá, México y Jamaica donde la contribución del turismo se encuentra en torno al 7%.

Considerando el impacto indirecto, el valor añadido del turismo alcanza el 14% de la economía según el WTTC (World Travel & Tourism Council):

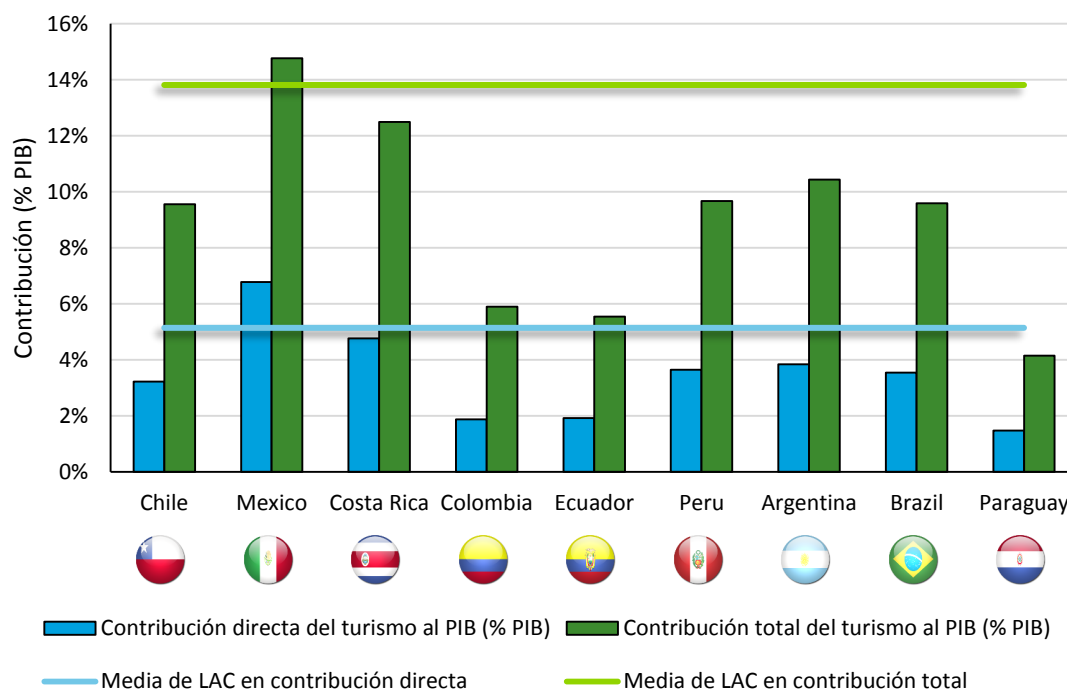


Figura 96. Contribución del turismo al PIB¹⁴⁶

De igual forma, un aspecto transversal pero clave en el desarrollo del turismo en la región es la seguridad. Se trata de un punto de vital importancia en la región, donde las tasas de criminalidad

¹⁴⁶ Fuente: WTTC 2014

se encuentran entre las más altas a nivel mundial, 12 veces superiores a la media en la OCDE¹⁴⁷ y el indicador de impacto del crimen y la violencia puntúa casi 2 puntos por debajo de la OCDE (3,25 frente a 5,20 sobre 7)¹⁴⁸.

Las ineficiencias que se acaban de comentar juegan en contra de los intereses económicos de la región. Los sistemas y soluciones basadas en IoT podrían servir de palanca para afrontar estos desafíos que mantienen a la región rezagada respecto de la OCDE.

En la gráfica, se observa que cuanto mayor es la puntuación en el índice de implantación del IoT, más grande es la puntuación en el indicador que refleja el coste que la violencia y el crimen causan en los negocios (puntuaciones más altas significan un menor coste). Este hecho refleja que aunque no existe correlación entre ambos indicadores, sí que puede existir una relación directa, lo cual lleva a pensar que las soluciones IoT impactan positivamente en algunos ámbitos del sector turismo.

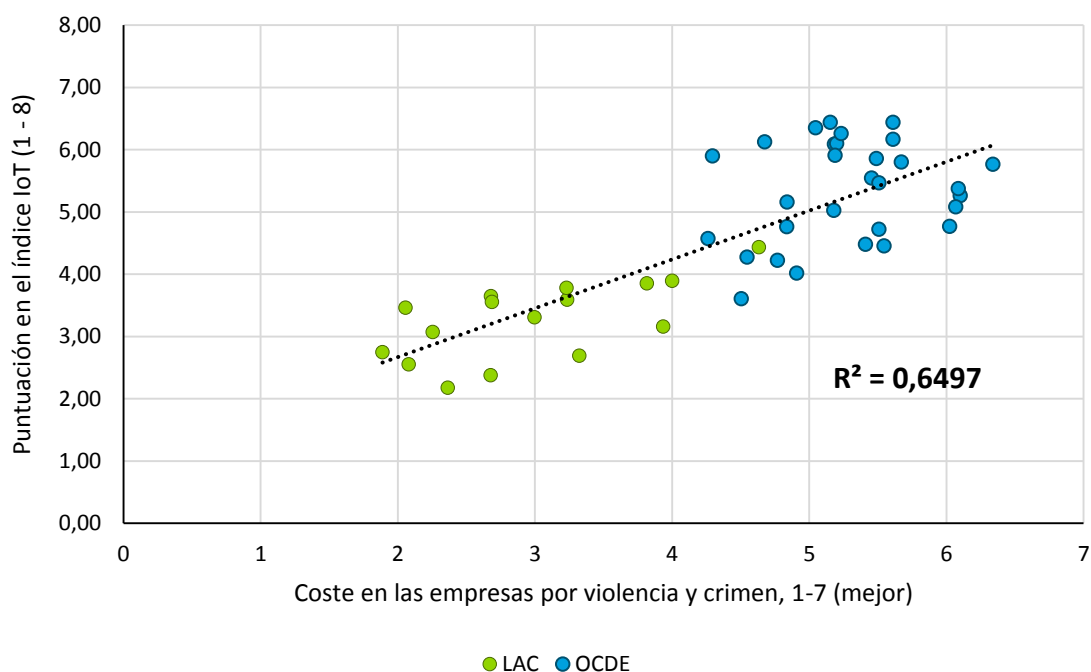


Figura 97. Comparación entre el coste en las empresas por crimen y la puntuación en el índice IoT¹⁴⁹

Lo que muestra la siguiente figura es la correlación existente entre la productividad del sector, entendida como la contribución al PIB del sector en los países, entre el número de empleados que ejercen en el mismo; y el ecosistema IoT. Se observa que se produce un aumento de la productividad si se favorece la aparición del ecosistema IoT.

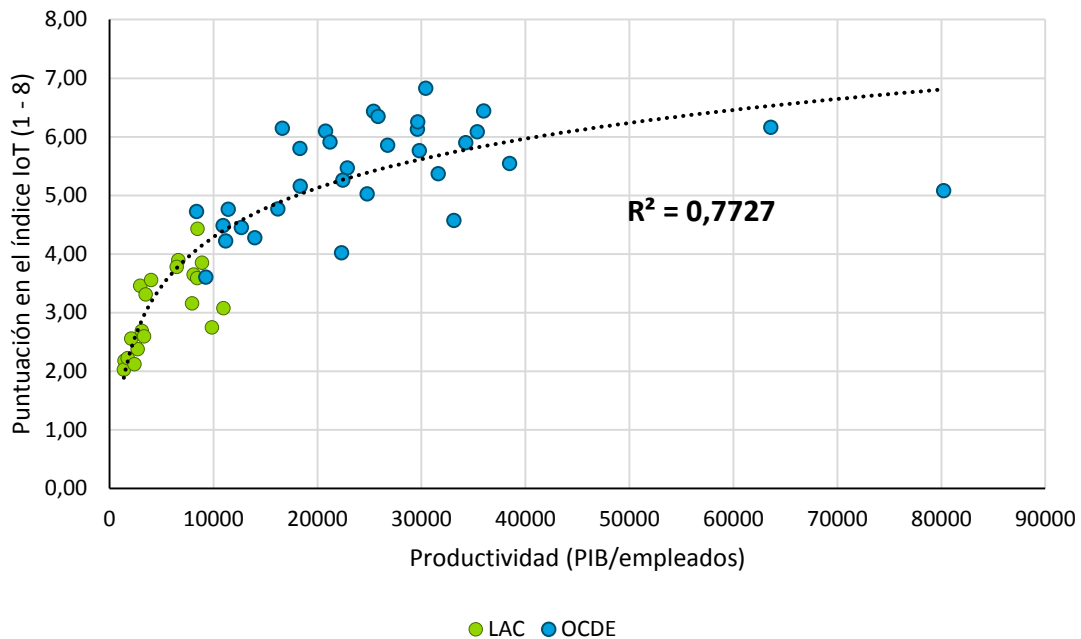
¹⁴⁷ Según la UNODC, 23,6 homicidios por cada 100.000 habitantes frente a 1,98 en la OCDE.

¹⁴⁸ Indicador del WEF para valorar el coste del crimen y la violencia en los costes de los negocios. Puntúa de 1 – 7, siendo 7 el mínimo impacto.

http://www3.weforum.org/docs/TTCR/2013/TTCR_DataTables3_2013.pdf

¹⁴⁹ Fuente: Análisis de Deloitte en base a datos del WEF 2015

Este, es otro hecho que refleja la relación directa de la implantación de soluciones IoT dentro de los sectores empresariales para favorecer el aumento de la productividad y el crecimiento económico.



4.4.2 Casos de uso

El turismo en un país representa un porcentaje relevante sobre su economía. A modo de ejemplo, el sector turístico representa el 6.7% del PIB en un país de interés como México¹⁵¹. Es por ello, que resulta clave su potenciación mediante soluciones que apliquen nuevas tecnologías, como es el caso de IoT.

A medida que el número de visitantes crece, se hacen esenciales servicios cada vez más sofisticados y eficaces para la gestión de multitudes en áreas como transporte público, atracciones turísticas populares, festivales de música o grandes espectáculos deportivos.

Estos servicios beben de las nuevas tecnologías y de la digitalización, para ofrecer nuevas funcionalidades, como la venta inteligente de entradas y la implementación de medidas de seguridad.

CASO DE USO 1 - GESTIÓN DE MASAS

La gestión de multitudes es la capacidad de supervisar y, cuando sea necesario, dirigir a un grupo de personas para garantizar su seguridad. Las mismas tecnologías habilitadoras también se pueden utilizar para ayudar a las personas a llegar a su destino de manera más eficiente y planificar nuevos servicios según su comportamiento.

El análisis de los datos recopilados por los sensores IoT ofrece una manera extremadamente precisa de monitorear y administrar multitudes de personas en todo tipo de reuniones, ya sea en el centro de las ciudades o en zonas rurales.

SENSORIZACIÓN DE LUGARES PÚBLICOS EN BARCELONA

Un ejemplo de solución IoT para la gestión de masas, es el realizado por Mobile World Congress, junto con Orange, en Barcelona¹⁵². La solución está basada en la configuración de una serie de sensores, habilitados para dispositivos móviles, en la plaza de la Sagrada Familia, que tienen como objetivo rastrear la cantidad de visitantes que llegan a la plaza y el lugar del que proceden.

Con esta información, la ciudad de Barcelona ha podido analizar los horarios del transporte público, cuya ruta pasa por la plaza de la Sagrada Familia, y habilitar taquillas en lugares apropiados para fomentar la venta de entradas adicionales a los visitantes, fuera de la Sagrada Familia.

Esta información local se ha combinado con datos del operador móvil Orange, en un marco IoT, con el fin de conocer el modo en que los turistas se mueven por toda la ciudad en su conjunto, dónde se alojan y qué sitios visitan.

Mediante estas medidas la ciudad ha conseguido planificar medidas adecuadas para acomodar y transportar a los visitantes, logrando un incremento de visitantes en sus atracciones turísticas.

¹⁵¹ Fuente: Datos obtenidos del World Bank

¹⁵² Fuente: GSMA *Smart Cities* Guide: Crowd Management - GSMA

“BANDA MAGICA” EN DISNEY WORLD

Otro método de gestión de multitudes es el uso de dispositivos portátiles a medida. El propietario del lugar puede rastrear el comportamiento de la multitud y ofrecer incentivos para ciertos comportamientos, como descuentos en tiendas y restaurantes, al proporcionar a cada visitante un dispositivo a medida.

Un buen ejemplo de esto es Disney World¹⁵³, que ofrece a sus visitantes una "Banda Mágica" que contiene un transmisor, que permite al parque rastrear al visitante, al tiempo que permite al visitante reservar previamente ciertas atracciones u obtener acceso prioritario a ellas. La banda también actúa como un boleto de entrada al parque.

Este tipo de dispositivos proporcionan un servicio muy preciso, adaptado para satisfacer con precisión las necesidades del lugar o evento. Pueden vincularse con tarjetas de crédito para pagos y programarse solo para dar acceso a ciertas áreas. Pero son caros de diseñar, fabricar y suministrar a los visitantes.

Empresas como Sendrato y AGT International, suministran soluciones de dispositivos portátiles específicamente para grandes eventos multitudinarios, como festivales de música, donde cada visitante tiene una pulsera dedicada que contiene tecnología RFID. La pulsera se puede rastrear, utilizar para control de acceso y pagos remotos en algunos escenarios. Un operador de telefonía móvil puede habilitar estos servicios trabajando con el proveedor de la solución para conectar los lectores de RFID relevantes ubicados alrededor de un sitio de interés.

Esto asegura que la cobertura completa esté disponible para el organizador del evento, lo que permite un acceso rápido a la información en tiempo real sobre las condiciones del sitio.

El operador también puede usar esta red para transmitir instrucciones a las pulseras. Por ejemplo, los LED incrustados en las pulseras podrían habilitarse en ciertos puntos de un espectáculo para mejorar la experiencia del visitante.

CASO DE USO 2 - GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y RECURSOS PÚBLICOS Y ENERGÉTICOS

La gestión inteligente de recursos energéticos, como la luz y el agua, afectan positivamente a la digitalización de las ciudades y ciudades más avanzadas digitalmente, aumentan la calidad de vida de sus ciudadanos y de sus turistas.

SMART LIGHTING

La solución de *smart lighting* consiste en la introducción de sensores y mecanismos de gestión en farolas, de forma que su encendido se adecúe a la cantidad de luz existente en cada momento, permitiendo así ahorros energéticos, así como monitorizar su encendido para llevar a cabo un mantenimiento más efectivo y eficiente del sistema.

¹⁵³ Fuente: GSMA *Smart Cities Guide: Crowd Management* - GSMA

Un ejemplo de la implementación de estas soluciones se puede observar en Jakarta¹⁵⁴, Indonesia, donde una plataforma controla el encendido de las luces de la ciudad según las condiciones lumínicas y envía información periódica de su funcionamiento permitiendo el mantenimiento predictivo. El test durante 2015 se realizó sobre 100 farolas, esperando expandirse hasta 250.000 farolas en el futuro.

Soluciones similares han sido también implementadas en California¹⁵⁵ o Brasil. En esta última el proyecto fue llevado a cabo por Telefónica Vivo, junto a partners como Huawei y Ericsson donde se conectó el sistema de iluminación del bulevar principal. Durante el mismo, entre las soluciones implementadas durante el proyecto se incluyen también la instalación de cámaras de seguridad (Huawei) y la implementación de soluciones de *Smart parking*, una aplicación para reportar incidentes o peticiones.

Ericsson (*small cells*) junto a Phillips (*Smart light poles*) y Pacific Gas & Electric (*Smart meters*) también han participado en el encendido inteligente en San José, California. Los contadores miden el uso energético y se transmite por la red móvil a Internet, pudiendo ser registrada por PG&E. Según el secretario de Turismo en la ciudad, la solución de iluminación inteligente permite reducir un 35% los costes de energía en esa zona¹⁵⁶.

Smart watering

La integración de un conjunto de sensores y sistemas digitales posibilita la gestión remota y en tiempo real de fallos y problemas y permite aplicar mantenimiento predictivo u optimizar la distribución de la red.

El sistema requiere por tanto de una red de conectividad con sensores y sistemas capaces de almacenar, agregar y analizar los datos recibidos y generar respuestas, por ejemplo, informando a operarios para que lleven a cabo la reparación.

El sistema debe ser capaz de medir parámetros como presión, flujo, acústica, calidad del agua (pH, conductividad, potencial de oxidación) en tiempo real, detección de lluvia y monitoreo del agua potable.

El acceso a las tuberías de agua es generalmente complejo, siendo elevados los costos y la disponibilidad de electricidad escasa, lo que hace más compleja la implementación de muchas de las soluciones, demandando redes LPWA y reduciendo la instalación a zonas concretas de más fácil acceso.

Se listan a continuación las principales ventajas asociadas a la gestión del agua:

¹⁵⁴ Fuente: <http://www.iotjournal.com/articles/view?13742/2>

¹⁵⁵ Fuente: <http://www.iotjournal.com/articles/view?13303/3>

¹⁵⁶ Fuente: <http://www.rcrwireless.com/20150818/americas/inside-the-brazils-first-smart-city-whats-there-and-whats-missing-tag5>

- Valoración del estado de las tuberías. Soluciones de monitorización en tuberías que ayudan a detectar pérdidas y robos más rápidamente; así como localizar más fielmente su posición a través de sensores de flujo.
- Monitorización del estado del agua. El análisis de aspectos de calidad como pH, oxidación, conductividad en distintas fase de la red de distribución del agua también es posible a través de sensores facilitando la detección de problemas e identificando más rápidamente las fuentes.
- Gestión de acuíferos o tanques de agua. La implementación de sensores también permite conocer el estado del acuífero o el nivel de agua de un tanque de forma remota. Esta última solución puede ayudar en zonas rurales donde el tanque se localice lejos del área poblada.

Un ejemplo de este tipo de soluciones es la implementada en Bombay, India, donde la instalación de medidores permitió reducir el porcentaje de agua malgastada en la ciudad hasta un 50% e incrementar así la población con acceso a estos recursos¹⁵⁷.

Esta solución se justifica por la baja disponibilidad de agua potable en la ciudad. De acuerdo con Itron, solo la mitad de la ciudad tenía previamente a la implementación de contadores inteligentes acceso a agua potable durante unas horas.

En India, la incertidumbre en la disponibilidad de agua potable es un problema generalizado. A su vez, la contaminación del agua se sitúa entre las primeras causas de muerte en el país, con 38 millones de afectados anualmente. Frente a esto, la solución implantada en la ciudad de Hubli, permite avisar a la población residente de la disponibilidad de agua. La ciudad en colaboración con la *start-up* NextDrop, ha creado un sistema de alerta de la disponibilidad y duración de la provisión de agua a través del móvil¹⁵⁸.

¹⁵⁷ Fuente: <http://www.smartgridnews.com/story/smart-water-indian-success-story-foretells-market-growth/2013-03-19>

¹⁵⁸ Fuente: <http://www.smartcitieschallenge.in/casestudy/hubli-predicting-water-supply-through-mobile-technology>

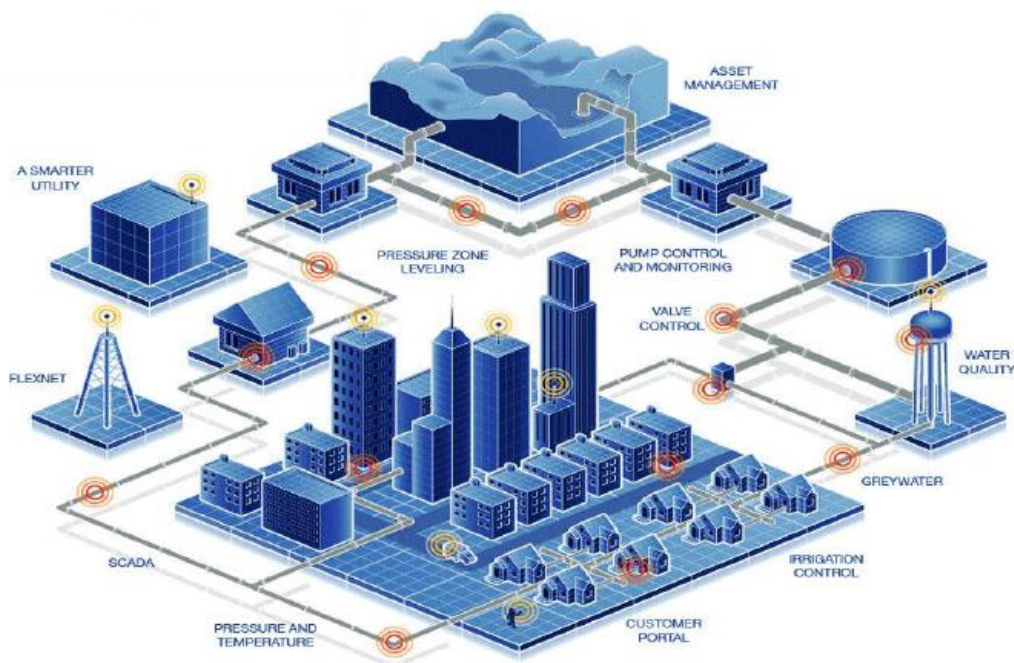


Figura 99. Soluciones IoT en gestión de recursos hídricos¹⁵⁹

Otro ejemplo de este tipo de soluciones, es el implementado por el Velcom en Bielorrusia¹⁶⁰.

Velcom, operadora filial de Telekom Austria Group, de America Móvil en Europa del Este, opera en Bielorrusia, y ha llevado a cabo diversos casos de uso basados en IoT entre los que destacan las soluciones relacionadas con suministro inteligente de agua y *Smart Home*.

El desarrollo de ambas soluciones ha sido posible gracias a la cooperación entre Velcom y ZTE. Gracias a los dispositivos y sensores fabricados por el gigante chino, Velcom ha sido capaz de implementar soluciones basadas en tecnología NB-IoT capaces de funcionar al 100% y listas para dar el salto final, la conexión a la infraestructura que conforma el núcleo de la red.

La solución¹⁶¹ consiste en una estación base que recibe una señal de un dispositivo inteligente y la transmite a la red troncal. Los datos IoT son recogidos por la plataforma IoT que está conectada a la aplicación diseñada para el monitoreo remoto sobre cualquier sensor "inteligente", medidores u otros dispositivos, y tarde o temprano para su gestión.

La monitorización abarcará mediciones tales como composición, altura del agua, fugas y manejar elementos de infraestructura urbana.

¹⁵⁹ Fuente: Programa Nacional IoT/M2M de India

¹⁶⁰ Fuente: <https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/velcom-becomes-latest-telekom-austria-opco-to-test-nb-iot>

¹⁶¹ Fuente: <https://www.velcom.by/en/about/media/press/17158.htm>

Smart metering

La conectividad de los distintos equipos e infraestructuras de energía permite el envío de forma remota de información y almacenamiento para detectar pérdidas por fallos en el sistema de distribución de energía de forma más rápida y eficiente.

Un ejemplo de la oportunidad de estas soluciones se observa en el proyecto que Electrobras (generador y distribuidor de energía en Brasil), en colaboración con el Banco Mundial, está desarrollando para mejorar la operación y mantenimiento en seis puntos del norte del país. Estas regiones registraban el 22% y 10% de las pérdidas no técnicas de energía respectivamente.

Se implementó así la llamada Advanced Metering Infrastructure (AMI) una solución para la monitorización de diferentes puntos de la red de distribución a través de tecnologías móviles y fijas, así como un sistema de gestión centralizado, de la información proporcionada por estos puntos¹⁶².

Edificios conectados: The Edge - Bloomberg

La aplicación de soluciones IoT en edificios supone un paso adelante en la creación de ciudades inteligentes, además de suponer un plus en el atractivo turístico de la ciudad.

The Edge¹⁶³, en Amsterdam, no solo es el edificio de oficinas más ecológico del mundo, sino que también es el más conectado. El edificio, de 40.000 m², está equipado con 30.000 sensores, la mayoría de ellos integrados en un revolucionario sistema de iluminación, compuesto por 6.000 luminarias. Las luminarias LED están conectadas a una red IP, por lo que cada una tiene su propia dirección IP, y tienen incorporados sensores de temperatura, humedad y presencia. A partir de la información captada por estos sensores, las luminarias son capaces de adecuar la luz que desprenden.

Además de los miles de sensores utilizados por la iluminación inteligente, hay sensores repartidos por toda clase de objetos, como máquinas de café o dispensadores de comida, y permiten monitorizar el estado de dichas máquinas o realizar funciones de repuesto predictivo.

Todas las soluciones IoT, integradas dentro de este edificio, contribuyen a la eficiencia, seguridad y el aumento en la calidad de vida de las personas que trabajan en él. Además, esta solución puede presentarse como modelo para edificios públicos, sedes de empresas privadas o incluso establecimientos comerciales; trascendiendo de este modo el sector turismo y pudiendo impactar en sectores como el comercial o el industrial.

Monitorización y mantenimiento de la infraestructura pública

Aplicar soluciones IoT para la monitorización de diferentes infraestructuras: puentes, túneles, monumentos; con el fin de realizar un mantenimiento predictivo de las mismas impacta directamente en el desarrollo tecnológico de las ciudades, implicando una reducción en los costes de esas tareas y haciendo crecer el valor turístico de las mismas.

¹⁶² Fuente: <https://m2m.telefonica.com/sites/default/files/case-studies/eletrobras.pdf>

¹⁶³ Fuente: *Smart Cities*: How rapid advances in technology are reshaping our economy and society – Deloitte – Noviembre 2015

AT&T¹⁶⁴ dispone de una solución basada en la instalación de dispositivos con conectividad a Internet capaces de monitorizar varios factores estructurales y ambientales en grandes infraestructuras.

Los datos tomados por los sensores, que componen la solución, son enviados a la nube de IBM, a través de la red de conectividad 4G de AT&T y pueden ser visualizados por los usuarios, a través de sus tablets, ordenadores portátiles y teléfonos móviles.

Mediante esta solución IoT, es posible realizar un mantenimiento predictivo de las infraestructuras, se consigue una evidente mejora en la seguridad y un ahorro en costes, ya que deja de ser necesaria la contratación de un elevado número de inspectores.

Smart City: La Rinconada

Se expone el modelo de La Rinconada (España) como *Smart City*, cuyas innovadoras soluciones tecnológicas representan un aumento en la calidad de vida de sus habitantes y fomentan el turismo de la ciudad¹⁶⁵.

El rango de soluciones IoT, lanzadas conjuntamente entre el Municipio y Vodafone, abarcan varios campos, desde la gestión de la iluminación, regulando la intensidad lumínica y los horarios de uso de las farolas del Municipio, hasta la gestión eficiente de las rutas de recogida de basuras en función del estado de almacenamiento de los contenedores.

La solución de regulación lumínica, se basa en la implantación de una serie de sensores que detectan la luz natural en el Municipio. En función de los datos recogidos por los mismos, es posible adecuar la intensidad de la luz emitida por las farolas, así como sus horarios de encendido y apagado. Con esta solución se consigue un aumento en la seguridad, lo cual afecta positivamente a la calidad de vida de los habitantes y al atractivo del Municipio como lugar turístico; además de un ahorro en costes por un aumento en la eficiencia de la iluminación, lo cual repercute directamente en el presupuesto con el que cuenta el Municipio para realizar otro tipo de mejoras, que le permitan hacerse atractivo a los ojos de los turistas.

El servicio de recogida de basuras está basado en una red de sensores alojados en los diferentes contenedores distribuidos por La Rinconada. Mediante la información que los mismos proporcionan, es posible optimizar las rutas de recogida de basuras. Con esta solución se consigue un pueblo más limpio y un ahorro en costes.

Las dos soluciones expuestas anteriormente son solo un ejemplo de lo que el ecosistema IoT puede aportar a una localidad. Ahorros en costes, aumento de la seguridad, mejores eficiencias energéticas y en el uso de recursos, etc...; incrementan la capacidad de la localidad para ser atractiva para el turista y puede repercutir positivamente en sus comercios locales.

¹⁶⁴ Fuente: AT&T *Smart Cities* – Structure Monitoring :

<https://www.business.att.com/content/productbrochures/iot-smart-cities-structure-monitoring-brief.pdf>

¹⁶⁵ Fuente: <https://www.gsma.com/iot/smart-center-smart-city-la-rinconada/>

Smart City¹⁶⁶ en Burgerland, Austria.

La creación de una *Smart City* en Austria es otro de los proyectos desarrollados por Telekom Austria Group, miembro del grupo que conforma América Móvil, para promover ciudades más sostenibles y eficientes. La iniciativa ha sido llevada a cabo en colaboración con Intel y Nokia.

Se instaló una red en Mönchhof, Burgenland, región al este de Austria, utilizando tecnología de radio-bases de Nokia que se comunicaban con un módem Intel. Este a su vez establecía una conexión con sensores dispuestos en diversas localizaciones para controlar la temperatura, la presión atmosférica y la humedad. Cada métrica fue transmitida en tiempo real y los hallazgos fueron representados en una interfaz gráfica.

La prueba fue evidencia de que la tecnología está lista para el despliegue de redes basadas en IoT. La red LTE fue adaptada con una única actualización de software, con el añadido de que las pruebas no afectaron a la calidad de servicio para los clientes.

CASO DE USO 3 - SMART PARKING

Entre un 7-12% de la congestión del tráfico es creada por gente buscando sitio donde aparcar¹⁶⁷. Además de ayudar a reducir la congestión del tráfico, estas soluciones incrementan la recaudación pública por aparcamientos. Por ello, han recibido una rápida acogida a nivel global.

El sistema consiste en el monitoreo en tiempo real de los huecos disponibles para aparcar, permitiendo al individuo a través de un aplicación, acceder a esta información y reducir su tiempo de búsqueda.

La solución consiste en la incorporación de sensores capaces de detectar la creación de espacios en las zonas de parking. Estos son conectados a través de *hubs* a Internet proporcionando la información de disponibilidad en tiempo real al usuario a través de la aplicación móvil y ofreciendo soluciones de pago digital del mismo parking.

La solución implementada en Nueva York, entre otras muchas ciudades a nivel mundial, permitió incrementar un 18% la localización de espacio y reducir un 7% el tráfico al reducir la circulación de vehículos en búsqueda de sitios libres.

La solución ha sido también implementada en Londres bajo el nombre ParkRight, en Barcelona gracias a StreetLight y Cisco o en San Antonio con Pango bajo el nombre ParkMe sigue una arquitectura similar.

En muchos casos, los operadores han puesto a disposición de los usuarios soluciones de pago a través de SMS facilitando con ello la adopción entre la población sin móviles con acceso a Internet.

¹⁶⁶ Fuente: <https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/tag-holds-live-nb-iot-trial-in-austria>

¹⁶⁷ Fuente: http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/mfg/Connected-Vehicles_Exec_Summary.pdf

CASO DE USO 4 - SOLUCIONES PARA REDUCIR LAS CONGESTIONES DE TRÁFICO EN CIUDADES TURÍSTICAS

La congestión del tráfico es un problema en muchas zonas urbanas afectando a los ciudadanos y al medioambiente. Multitud de soluciones para reducir la congestión han sido ya aplicadas en ciudades como Londres, Estocolmo (cámaras ANRP) o Singapur (tecnología DSRC).

En el caso de la ciudad de Londres, la solución inicial se implementó en 2003 ante la necesidad inminente de reducir la congestión producida en la zona central de Londres. Se estableció así un perímetro de 21Km² en el cual, los coches debían realizar un pago diario para poder circular, el cual se resolvía en este caso concreto a través de la aplicación móvil un sistema de identificación y cámaras según se muestra en la figura siguiente.

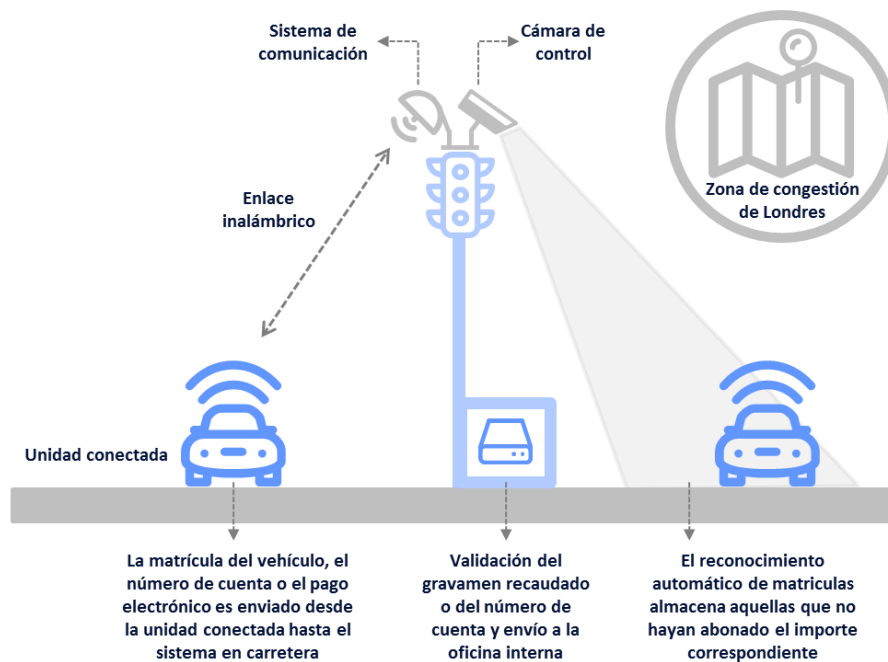


Figura 100. Solución técnica implementada en Londres¹⁶⁸

Existen algunas diferencias entre las posibles soluciones. El sistema implementado en Londres y Estocolmo (ANPR) es menos efectivo en la detección de los vehículos, pero no requiere de dispositivos en el mismo, únicamente la instalación del sistema.

El sistema basado en la posición mediante satélite requiere, sin embargo, que el vehículo disponga de un localizador GPS combinado a un mapa digital de carreteras que le permite saber en qué carretera se sitúa permitiéndole enviar el pago una vez se entre en la zona restringida. En este caso, las cámaras solo detectan el paso de vehículos sin autorización para establecer multas (de forma equivalente a las cámaras en semáforos o radares). El sistema es aplicado en Singapur.

¹⁶⁸ Fuente: GSMA

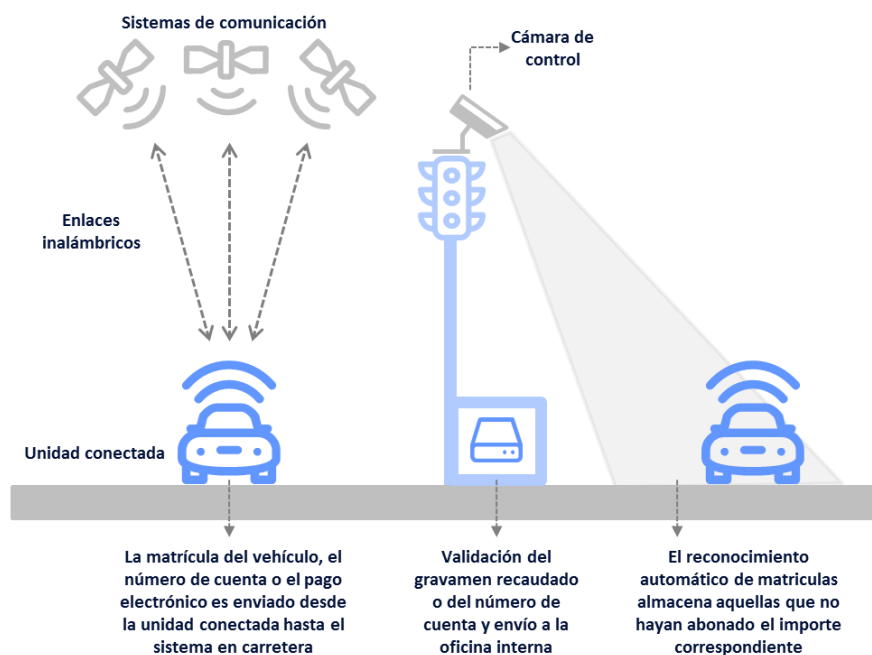


Figura 101. Solución técnica implementada en Singapur¹⁶⁹

Algunas soluciones han introducido el uso de móviles para la monitorización como es el caso del piloto en Oregón.

Algunas ciudades han implementado soluciones más complejas basadas en el tiempo de uso, distancia recorrida y hora del día permitiendo ajustar los cargos a cada circunstancia. Para la implementación de esta solución es necesario el uso de sistemas basados en satélite.

Los beneficios de la introducción fueron rotundos, con reducciones del tiempo medio de viaje del 14% y una reducción del volumen de coches circulando en la zona del 18%, pero sin observar un uso más intensivo de las zonas de alrededor. La reducción del consumo de CO₂ se estima en torno al 16%, con reducciones del 40-50 litros de consumo de combustible. Adicionalmente, el cambio al transporte público incrementó el uso de bicicletas un 83%.

La zona inicial se extendió posteriormente y también se ha definido la zona central con zona de ultra-baja contaminación, obligando a los vehículos que no cumplan las condiciones de generación de CO₂ que paguen un cargo extra por la circulación en este área. Los ingresos resultantes de esta medida alcanzan los 122 Millones de Libras anuales, dinero reinvertido en transporte público, seguridad vial y eficiencia energética.

CASO DE USO 5 - SOLUCIONES PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO

Como se ha visto anteriormente en el caso de la ciudad de Barcelona, la correcta gestión del transporte público puede aumentar las visitas a atracciones turísticas en las ciudades y elevar el

¹⁶⁹ Fuente: GSMA

nivel de satisfacción de los turistas, además, por supuesto, de aumentar la calidad de vida de los ciudadanos residentes en las ciudades.

El transporte público es clave en las zonas urbanas y la tendencia global es hacia la rápida urbanización. El 50% de la población en la región LAC reside ya en zonas urbanas. Estos datos resaltan la importancia de una gestión eficiente del transporte público en grandes ciudades de la región.

Monitorización de la localización y predicción del tiempo de llegada de autobuses

La monitorización de la localización y predicción del tiempo de llegada de autobuses permite a los usuarios conocer en tiempo real dónde se encuentra y cuál será el tiempo de llegada estimado de los autobuses, ya sea a través de un sitio web o a través de sus smartphones.



Figura 102. Monitorización de la localización y predicción del tiempo de llegada de autobuses

Este tipo de soluciones se caracterizan por: ofrecer a los viajeros un conocimiento en tiempo real de la localización de un autobús para una ruta predeterminada, predecir el tiempo de llegada a una determinada parada, identificar y proveer la mejor ruta a partir del empleo de los sistemas de transporte multimodal existentes y, por último, notificar a los conductores para que estos agilicen o ralenticen la marcha con el fin de alcanzar el nivel de avance deseado.

Las métricas más comunes utilizadas en esta solución se sitúan en torno a contabilizar el número total de peticiones de información recibidas, el número total de usuarios únicos por día, la variación de la hora de llegada de un autobús para una determinada parada, la variación de la hora de llegada a la siguiente parada, el porcentaje de descenso del número de quejas recibidas en relación a autobuses perdidos.

La Chicago Transit Authority (CTA) experimentó un incremento del 2% en el número de pasajeros, después del lanzamiento del sistema de monitorización de autobuses¹⁷⁰, un 92% de los usuarios encuestados señaló que el sistema de monitorización había incrementado su satisfacción con los servicios de transporte.

NextBus, un servicio de monitorización de autobuses, experimentó en sus primeros dos meses de operación bajo la Autoridad de Tránsito del Área Metropolitana de Washington (WMATA), un total de 452.372 visitas¹⁷¹.

Otro ejemplo de información en tiempo real es el *My tracker for a Bus* de la Administración de Transporte de Maryland (MTA). El sistema proporciona información a los usuarios en tiempo real sobre las horas de llegada de los autobuses a la vez que facilita transbordos entre autobuses y metros en su web¹⁷².

Monitorización del nivel de ocupación de autobuses

Las soluciones de monitorización del nivel de ocupación de autobuses emplean datos sobre el nivel de ocupación para proveer a los viajeros una mejor planificación de sus viajes.



Figura 103. Caso de uso 2: Monitorización del nivel de ocupación de autobuses

Este tipo de soluciones se caracterizan por: monitorizar el número de viajeros que entran y salen de los autobuses en cada parada, capturar datos sobre dónde se montan o bajan los viajeros a través de los sistemas de transporte existentes, proveer a los usuarios la disponibilidad sobre el número de asientos libres y sobre el espacio libre de pie dentro del autobús.

Las métricas más comunes utilizadas en esta solución se sitúan en torno a medir la varianza entre la ocupación de real y estimada de los autobuses y el nivel de utilización de autobuses y asientos.

¹⁷⁰ Fuente: Ridership effects of real-time bus information system: A case study in the City of Chicago, Transportation Research

¹⁷¹ Fuente: WMATA, Customer Service, Operations, and Safety Committee 2009

¹⁷² Fuente: <http://mta.maryland.gov/news/my-mta-tracker-bus-rolls-out-arrival-time-convenience>

Los investigadores, Bagchiand White en 2005 y Seabornet en 2009, mostraron cómo los datos provenientes de las tarjetas inteligentes de los sistemas de transporte podían ser usados como ajustes en el diseño de rutas, para minimizar el número de trasbordos¹⁷³.

Algunas firmas como Honeywell y Smart Video Sensing han desarrollado métodos analíticos de contabilización de personas que proveen una precisión de un 98%¹⁷⁴.

Detección de daños en la carretera

Las soluciones de detección de daños en la carretera, permiten detectar y localizar los daños producidos en la carretera. Más concretamente, esta solución permite realizar reparaciones puntuales en carreteras a través de la detección de baches con el uso del acelerómetro y GPS.



Figura 104. Detección de daños en la carretera

Las métricas más comunes utilizadas en esta solución se sitúan en torno a la medición de las variaciones de los sensores que reportan los daños en la carretera, al porcentaje de falsos positivos y al porcentaje de quejas sobre el estado de la carretera.

¹⁷³ Fuente: Interuniversity Research Centre: Smart Card Data in Public Transit Planning 2009

¹⁷⁴ Fuente: Sitios web de las compañías

En este sentido, y a modo de ejemplo, el ayuntamiento de Boston se asoció con una la empresa desarrolladora de aplicaciones Connected Bits para proveer una aplicación que permitiese monitorizar el estado de la carretera y así detectar el número de baches en la misma, que se denominó StreetBump¹⁷⁵. Tras el desarrollo de la aplicación, en el primer trimestre el 2014, la ciudad de Boston reparó 8.817 baches, aproximadamente tres veces más que en el mismo período del año anterior¹⁷⁶.

Mantenimiento predictivo

Las soluciones de mantenimiento predictivo, permiten mejorar la planificación del mantenimiento a través del uso de sensores, y con el objetivo de reducir costes e incrementar la eficiencia de flotas. De esta forma, este tipo de soluciones consistirán en lograr predecir las necesidades de mantenimiento, a través de la correlación de información tanto de múltiples sensores como de datos externos (tiempo, tráfico, etc...).



Figura 105. Caso de uso 5: Mantenimiento predictivo

Las métricas más comunes utilizadas en esta solución se sitúan en torno a medir el número de problemas importantes de mantenimiento no programado, el tiempo medio entre fallos, el tiempo de respuesta, el coste medio por acción de mantenimiento, el número de fallos en horas de servicio, el coste de mantenimiento medio por autobús.

En este sentido, y a modo de ejemplo, la ciudad de San Luis en Misuri, se ahorra al año 10 millones de dólares en costes mantenimiento y de personal asociado a través del empleo soluciones analíticas de predicción que le permiten identificar los fallos potenciales antes de que se produzcan¹⁷⁷. El operador interestatal de autobuses Greyhound, ha logrado reducir en un 5% el tiempo que se encuentran sus autobuses al ralentí, basados en las predicciones provistas por

¹⁷⁵ Fuente: CityofBoston.gov, StreetBump

¹⁷⁶ Fuente: Boston Globe "Potholes taking a toll on vehicles this year" 2014

¹⁷⁷ Fuente: Data Innovation –Internet of Things 2013

un sensor en el motor y en el entendimiento acerca de qué autobuses no pueden ser utilizados¹⁷⁸. Por otro lado, la empresa de paquetería UPS ha logrado ahorrar millones de dólares previendo actividades de mantenimiento no planificado e innecesario¹⁷⁹.

CASO DE USO 6 - SOLUCIONES CON IMPACTO EN LA SEGURIDAD

La digitalización y soluciones IoT también tienen impacto en la eficiencia y efectividad de los sistemas de seguridad y un aumento en la seguridad repercute en el aumento del turismo en regiones. Este alto potencial turístico que se disipa en muchas ocasiones por la inseguridad percibida por los potenciales turistas. La instalación de comunicaciones y sensores a lo largo de la ciudad facilita a la policía y agentes del orden garantizar la seguridad de los ciudadanos gracias a herramientas analíticas avanzadas.

Entre los dispositivos empleados se encuentran cámaras, alarmas de robo, alarmas de detección de incendios y sistemas de alerta conectados con plataformas de recopilación y análisis de datos.

El conjunto de soluciones M2M en seguridad y vigilancia incluyen soluciones simples como sistemas de monitoreo en hogar, alarmas de robo y otras mucho más complejas como cámaras de detección de movimiento o escáner de retina. Un aspecto de especial interés resultado de la creciente conectividad móvil es el monitoreo remoto a través de cámaras y sensores en todos los puntos de interés y una plataforma de agregación y analítica cercana al análisis en tiempo real. Ante la detección de anomalías el sistema puede pedir la atención de la policía.

Como ejemplo de solución IoT con impacto en la seguridad se aporta la solución desarrollada por Tigo (Millicom)¹⁸⁰, que permite el control de zonas restringidas, tanto en establecimientos públicos, como en establecimientos privados; mediante sensores de movimiento, cámaras de vigilancia y otros dispositivos de seguridad. El sistema es capaz de evidenciar cualquier anomalía registrada mediante el uso de alarmas, bloqueos u otros mecanismos de seguridad.

Millicom, realiza una fuerte apuesta por los servicios, basados en tecnología IoT, que giran en torno a la seguridad.

¹⁷⁸ Fuente: Dataflog–Greyhound Buses Embracing Internet of Things

¹⁷⁹ Fuente: Dataflog–UPS Spends 1 Billion on *Big Data* Annually

¹⁸⁰ Fuente: <https://business.tigo.com.py/grandes-empresas/soluciones-avanzadas/m2m>

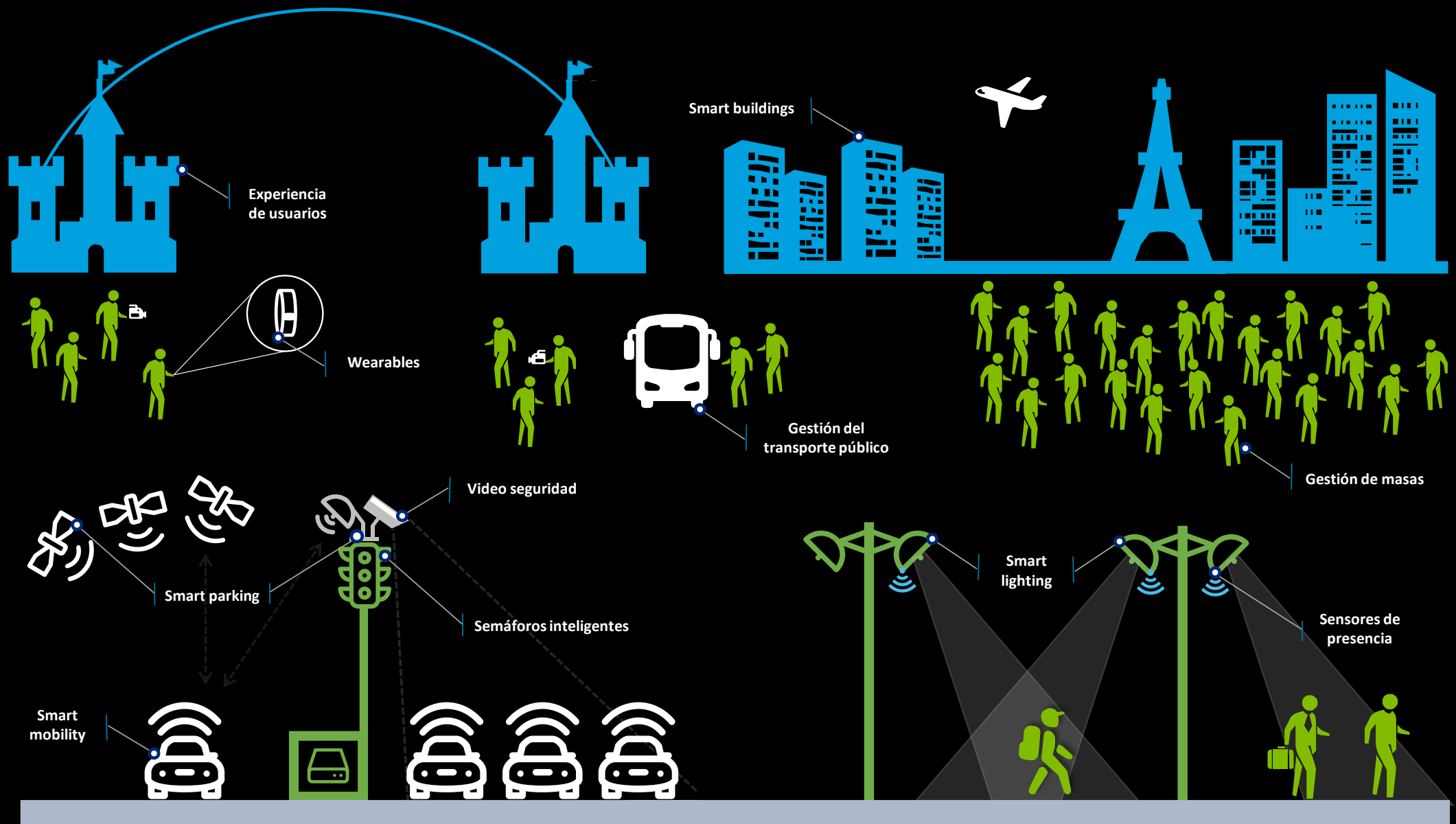


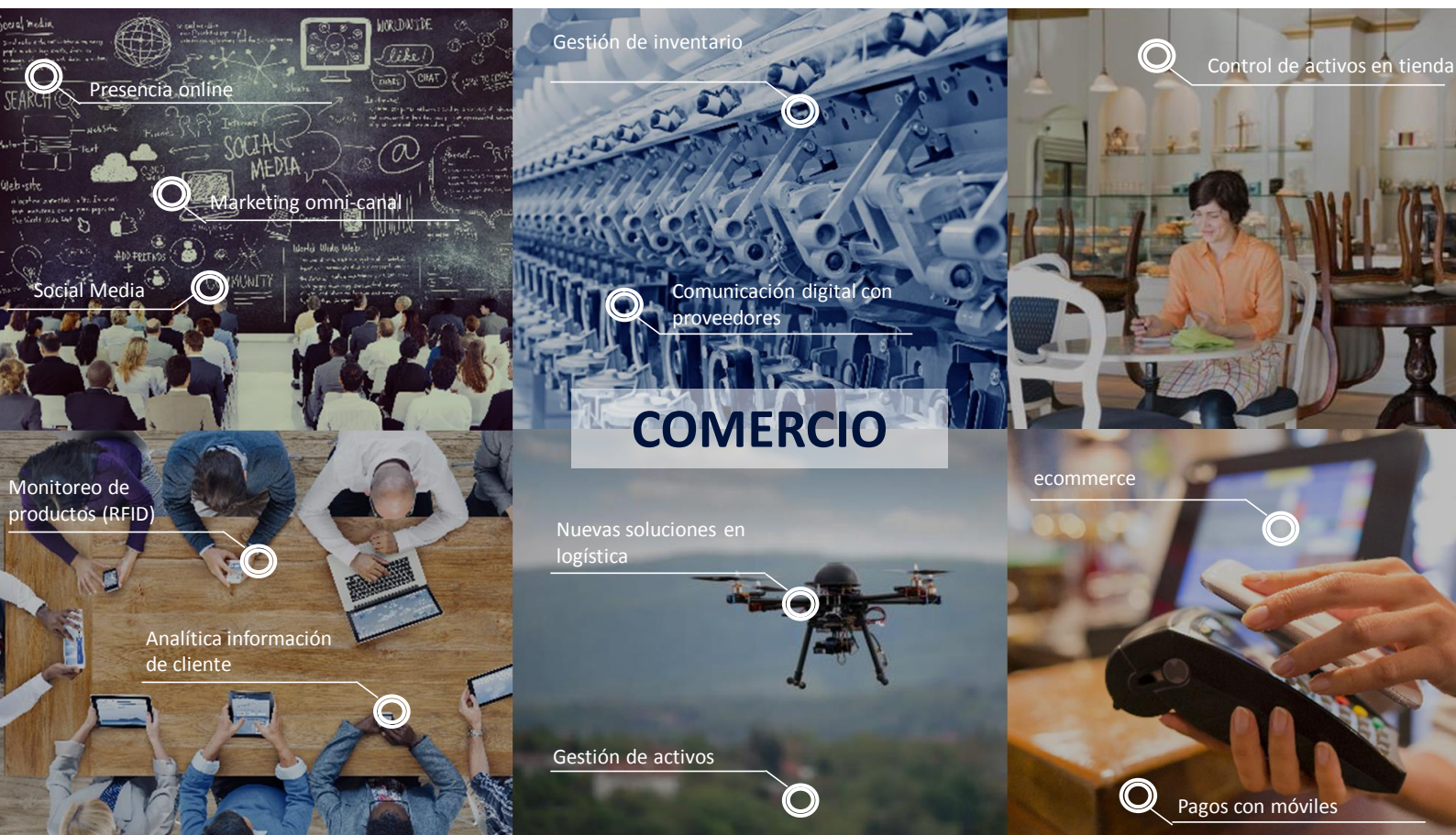
Figura 106. Pool de casos de uso en el sector trismo



4.5 COMERCIO MINORISTA

Por su creciente importancia, y debido a su relación con las actividades de ocio y turismo y las similitudes en ciertas fases de la cadena de valor con el sector de la manufactura se ha considerado oportuno incluir el sector de comercio minorista en el análisis.

Además, algunos datos sobre el sector de comercio minorista, reflejan que este contribuye con cerca del 20% del PIB y 25% de los empleos en los países de la región. Sin embargo, los indicadores sobre el porcentaje de exportaciones, tiempos y costes, atribuyen a la región latinoamericana ratios que se sitúan muy por detrás de los que se pueden encontrar para los países pertenecientes a la OCDE.



4.5.1 Análisis de los factores sectoriales con mayor relevancia para el IoT

El análisis realizado establece la relevancia que podría tener la inclusión de soluciones IoT dentro del sector. Para ello, se han presentado indicadores relevantes, que muestran la situación del sector.

Los principales impactos del IoT en el sector de comercio minorista provienen de la mejora de la experiencia de usuario a través de aplicaciones y servicios móviles, la automatización de procesos y actividades a través de sistemas de información y el acceso a un mayor mercado y más eficiente gracias a aplicaciones y servicios de marketing digital y comercio electrónico.

Si analizamos la situación del comercio en la región observamos que, aunque posee una gran importancia debido a que la contribución del mismo al PIB, está en torno al 18% en media, siendo la contribución de algunos países de hasta el 20%, y del 25% sobre el empleo. La región LAC tiene grandes ineficiencias en materia de tiempos, costes y gastos.

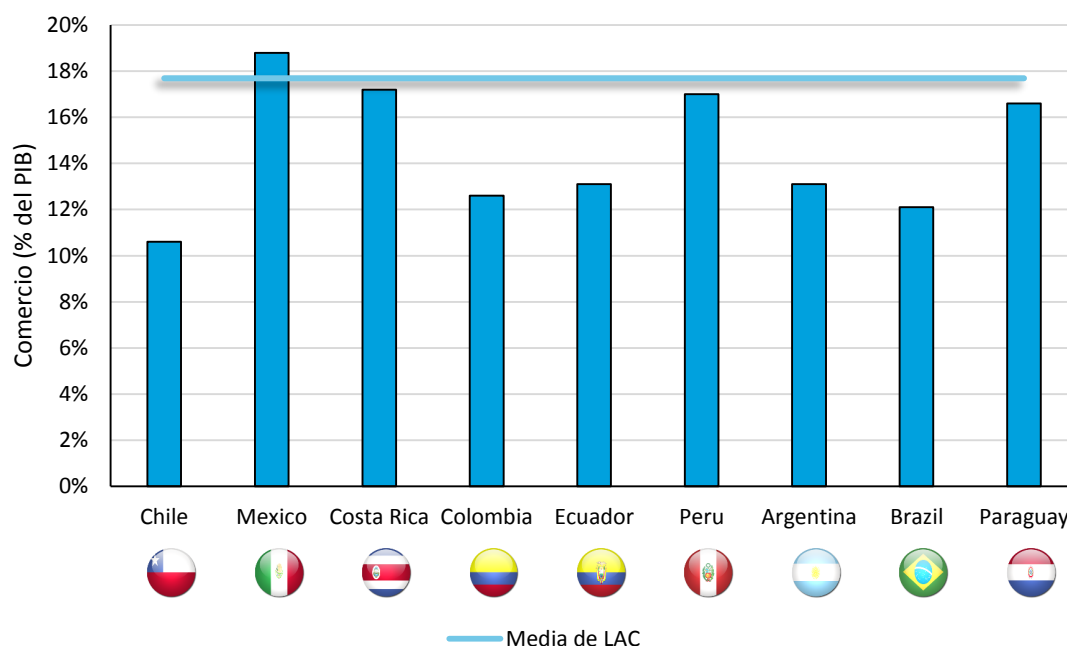


Figura 107. Contribución del comercio al PIB¹⁸¹

En la siguiente gráfica se puede observar cómo, mientras que las importaciones de LAC y la OCDE son similares, en porcentaje del PIB, existe una gran diferencia entre las exportaciones que ambas regiones efectúan (casi el 20% de diferencia). Dato que refleja las ineficiencias que sufre la región LAC respecto a la OCDE en algunos aspectos del sector comercio.

¹⁸¹ Fuente: CEPALSTAT 2014

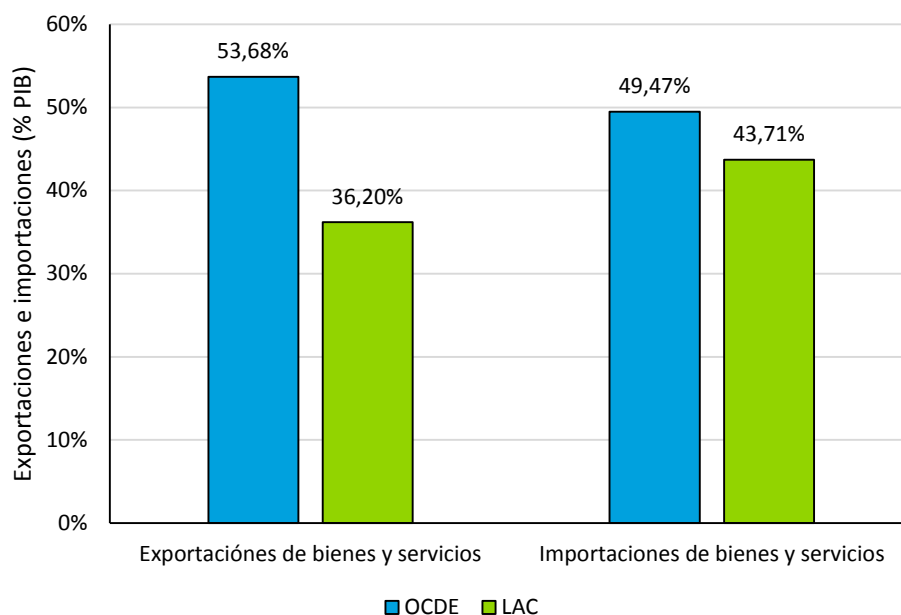


Figura 108. Exportaciones vs Importaciones de la OCDE y LAC¹⁸²

Los datos del Banco Mundial, reflejan que, en media, la OCDE tarda casi dos días menos en exportar productos de lo que lo hace la región latinoamericana (3.15 de LAC frente a 1.65 de la OCDE).

Soluciones como la inclusión de servicios de *eCommerce*, la automatización de procesos, digitalización de las reservas y compras o la publicación de la información online tienen también un impacto en la gestión de los activos y recursos, incrementando su eficiencia mediante un mayor acceso a información, evitando intermediarios en los procesos de compra y atracción de clientes. De este modo algunas de las actividades se traspasan al propio cliente, como las reservas y la comprensión de la información de interés.

Finalmente, el desarrollo de servicios de analítica de datos sobre encuestas de servicio y *feedback* de los usuarios y sus dispositivos serán clave para mejorar la experiencia de usuario y aumentar la productividad en este sector.

Si bien es cierto que no se muestra una relación de causalidad sobre los indicadores exclusivos del sector de comercio minorista, la producción y el rendimiento relativos al sector manufactura impactan directamente sobre la calidad de servicios prestados en el sector de comercio minorista. Además, el IoT puede influir enormemente en la forma de medir la experiencia del usuario que tienen los clientes.

¹⁸² Fuente: Banco Mundial 2014

4.5.2 Casos de uso

El fenómeno de la globalización que se vive a día de hoy supone una gran oportunidad para el comercio. Tiendas y restaurantes están comenzando a utilizar nuevas tecnologías, como IoT, para agregar valor a su actividad. Una serie de casos de uso se exponen a continuación para demostrar como el IoT puede impactar en el sector.

La experiencia omnicanal es uno de los principales objetivos de los comercios futuros. La combinación de soluciones online y en tienda abre nuevas formas de marketing y oportunidades de acercar programas de fidelización basados en el uso de sensores, la geolocalización del usuario y la analítica de datos del cliente.

La siguiente figura muestra un ejemplo de la oportunidad de los comercios. En este, la información proporcionada por el cliente de forma online a través de la aplicación móvil (gustos, compras, lista de pedidos) es recopilada.

A través de *beacons*¹⁸³ se detecta si el usuario se acerca a la tienda y se le informa de posibles ofertas o la disponibilidad de los productos incluidos en su lista online facilitándole la localización de los mismos e informando al personal en tienda de los gustos concretos del cliente. A su vez, los datos proporcionados pueden facilitar el envío de nuevas ofertas durante la estancia del cliente en tienda, información sobre el recorrido y tiempo dedicado y la frecuencia. Otra solución de valor añadido es la posibilidad de realizar la compra online a través de la aplicación, evitando así la cola y pago en tienda.

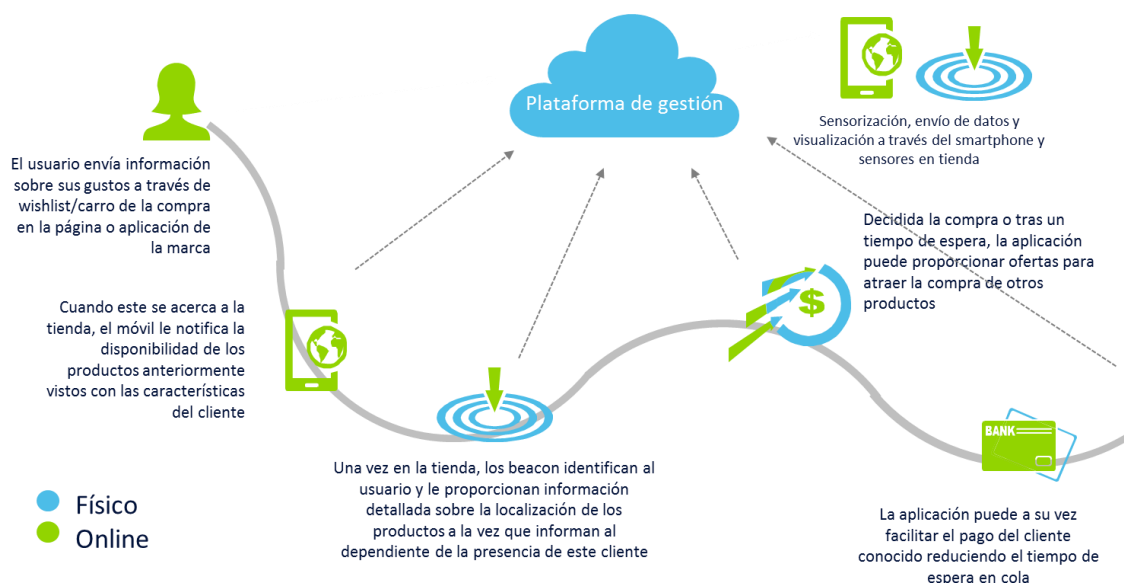


Figura 109. Ejemplo de la experiencia omnicanal en el comercio

¹⁸³ Beacon: Se trata de un dispositivo de bajo consumo que emite una señal broadcast, y es suficientemente pequeño para fijarse en una pared o mostrador

Como ejemplo de solución IoT sobre el sector comercio se presenta el caso de la empresa BUNN¹⁸⁴ de máquinas de bebidas, que recurrió a Azure IoT Suite¹⁸⁵ para crear una solución que permite que sus máquinas de café industriales envíen alertas de texto cuando la máquina requiere una limpieza o ha agotado sus recursos. Telefónica también dispone de una solución de gestión de los activos disponible para máquinas expendedoras¹⁸⁶. Esta solución, ha sido implementada en Alemania, y mediante una red de sensores, permite:

- Conocer y modificar los precios de forma remota
- Establecer eventos como los requisitos de reposición de la máquina o la necesidad de reparación
- Visualizar datos en tiempo real: Localización geográfica, dinero recogido por la máquina, productos vendidos en tiempo real, etc.



Figura 110. Descripción funcional de la solución para gestión de máquinas expendedoras

Otro ejemplo es el de la cadena de supermercados italiana Coop Italia¹⁸⁷ que, con la intención de ofrecer a los clientes de las tiendas físicas la misma experiencia de las compras en línea, creó una solución con Azure IoT Suite que analiza los datos de los clientes para mantener abastecidas las estanterías y entregar valiosa información sobre los hábitos de compra de los clientes.

Para la hostelería, controlar que los miembros del personal satisfacen las necesidades de los huéspedes puede constituir un problema logístico. Con el fin de mejorar la comunicación entre los empleados, Steigenberger Airport Hotel utiliza un *wearable* de IoT creado por Trekstor, y con tecnología de Windows 10 IoT Core y Microsoft Azure IoT, para garantizar que los clientes reciban un trato excelente¹⁸⁸. El *wearable* está habilitado para Wi-Fi y Bluetooth, y sobre él está instalada la solución SAMFEX, que le permite llevar a cabo tareas de localización, transmisión de mensajes de voz a tiempo real, enviar alarmas al personal que indiquen que habitaciones se pueden limpiar, etc.

¹⁸⁴ Fuente: <https://www.microsoft.com/es-xl/internet-of-things/customer-stories#retail&bunnomatic>

¹⁸⁵ Fuente: <https://azure.microsoft.com/es-es/>

¹⁸⁶ Fuente: <https://m2m.telefonica.com/industrial/connected-vending>

¹⁸⁷ Fuente: <https://www.microsoft.com/es-xl/internet-of-things/customer-stories#retail&coopitalia>

¹⁸⁸ Fuente: <https://blogs.windows.com/business/2017/08/29/steigenberger-airport-hotel-transforms-back-of-house-operations-with-windows-10-iot-and-microsoft-azure-iot/#pp4xUD8dRGC3VPMs.97>

Por último, como ejemplo de soluciones IoT aplicadas en tiendas, se exponen las desarrolladas por la empresa Tyco¹⁸⁹. El ecosistema IoT de Tyco incluye tecnología RFID, sensores, sistemas de seguridad, análisis de vídeo, gestión de dispositivos y servicios gestionados. Los dispositivos que componen el ecosistema están conectados a la nube, que dispone de capacidad analítica para dar soporte a las soluciones.

Algunas de las soluciones presentadas por Tyco son¹⁹⁰:

- **Solución RFID para la sección de frescos:** en colaboración con Avery Dennison, está destinada a mejorar la precisión del inventario, gestionar las fechas de caducidad y optimizar el emplazamiento de los productos. Se trata de una solución móvil y fácil de usar que combina tecnología RFID y análisis en tiempo real para agilizar el recuento de artículos, gestionar la mercancía con precisión y asegurar la visibilidad de los productos en el momento adecuado para optimizar el proceso de gestión de stocks en la sección de alimentación.
- **Precisión y disponibilidad del inventario:** los últimos avances de Tyco Retail, Zebra y BlueBird se han combinado en una solución de inventario cíclico y análisis de los datos que acorta los intervalos de recuento de productos y mejora la exactitud del inventario y la eficiencia de las operaciones mediante un económico sistema de lector con adaptador para móviles iOS y Android. A esto se añade una aplicación para leer etiquetas RFID.
- **Aplicación móvil para cajas de autoservicio:** aplicación de Tyco Garage en colaboración con Shopic con la que los clientes del establecimiento pueden comprar artículos con facilidad mediante su dispositivo móvil y retirar las etiquetas de seguridad en un cómodo quiosco de autoservicio que proporciona independencia a los compradores y seguridad a los comercios. También se estrenarán las nuevas etiquetas EAS/RFID multisensor: modulares y auto desprendibles.

¹⁸⁹ Fuente: <https://www.tyco.es/recursos/noticias-y-estudios-de-seguridad-y-retail/noticiasseguridad/news/944-tyco-exhibe-soluciones-iot-con-analisis-predictivo-que-permiten-saber-que-pasa-en-la-tienda/>

¹⁹⁰ Fuente: <https://www.tyco.es/recursos/noticias-y-estudios-de-seguridad-y-retail/noticiasseguridad/news/944-tyco-exhibe-soluciones-iot-con-analisis-predictivo-que-permiten-saber-que-pasa-en-la-tienda/>

- **Análisis de datos de los probadores:** en colaboración con Accenture/ Kurt Salmon Digital, Tyco mejora la experiencia de compra de los clientes y envía información de la ropa que hay en cada probador.
- **Pantalla interactiva en la entrada de las tiendas:** permite a los comercios aprovechar mejor la zona de entrada del local y captar la atención de los clientes. La pantalla puede utilizarse de varias formas, por ejemplo, para publicitar promociones, marcas y ofertas especiales. Se monta en el sistema de detección Synergy de Sensormatic y puede reproducir imágenes de vídeo en streaming, junto con contenido del cliente segmentado en función del público y basado en Microsoft Cognitive Services. La segmentación del contenido se basa en el sexo y la edad de los posibles compradores y proporciona una experiencia de compra única a las personas que entran en el local.
- **Análisis del tráfico de clientes:** ShopperTrak, empresa especializada en soluciones de conteo, proporciona información sobre el comportamiento de los consumidores, ya que combina datos de tráfico de más de 40.000 millones de compradores al año en todo el mundo para generar un índice que los minoristas pueden utilizar para medir el rendimiento de sus tiendas a nivel global o por código postal.
- **Análisis inteligente de la pérdida desconocida:** la solución Storefront Visiblity (visibilidad de la entrada de la tienda) de Tyco aprovecha la inteligencia de los sistemas de detección Sensormatic Synergy dotados de doble tecnología, acustomagnética (AM) y RFID, y las funciones de análisis y generación de informes para ofrecer a los minoristas una visión más completa y detallada de las causas de la pérdida desconocida o robo de productos.

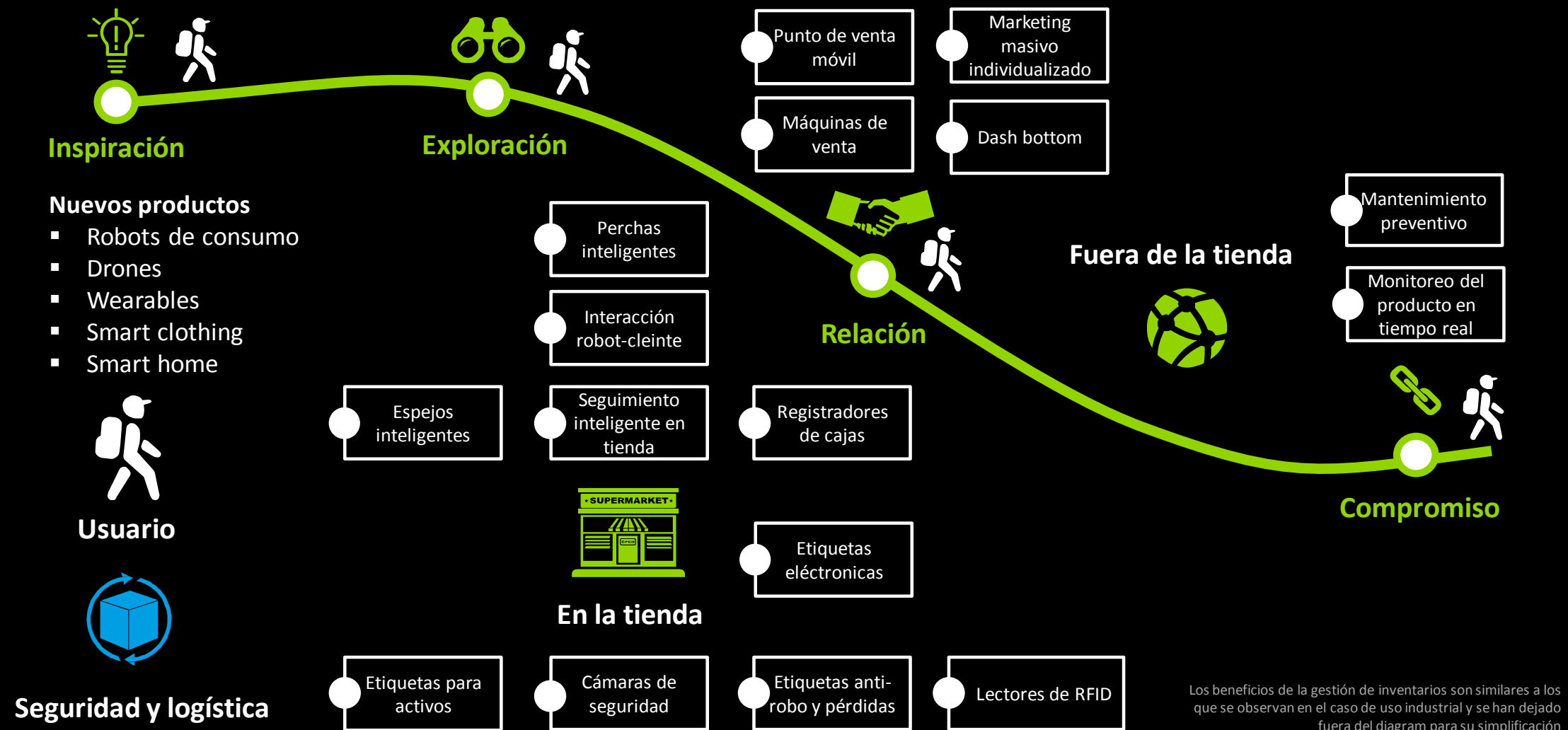


Figura 111. Pool de casos de uso en el sector de comercio minorista

A close-up photograph of a dandelion seed head in the lower-left corner. The seed head is brown and fuzzy. Numerous white, feathery seeds are blowing away from the head, scattered across the upper and right portions of the frame. The background is a solid, vibrant green.

5 Impacto del IoT en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Mundiales, son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas vivan en paz y prosperidad¹⁹¹.

La Agenda 2030, formada por los 17 ODS y desarrollada por los estados miembro de la ONU en colaboración con representantes de la sociedad civil, fue debatida y aprobada oficialmente en la Cumbre de Desarrollo Sostenible realizada en septiembre de 2015 en Nueva York. En esta Cumbre, más de 190 dirigentes mundiales adoptaron formalmente la nueva agenda de desarrollo sostenible, la cual supone un plan de acción para que la comunidad internacional y los gobiernos nacionales promuevan la prosperidad y el bienestar en el periodo comprendido entre 2016 y 2030.

Cada ODS tiene un plan concreto sobre la forma en que debe ser desarrollado, cómo debe ser financiado y qué métodos deben emplearse para asegurar su éxito. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), como organismo principal de las Naciones Unidas para el desarrollo, presta apoyo a los gobiernos para que integren los ODS en sus planes y políticas nacionales de desarrollo, con el fin de mitigar la pobreza, garantizar la gobernabilidad democrática, consolidar la paz, frenar el cambio climático y la desigualdad económica.



Figura 112. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)¹⁹²

La Agenda 2030 entró en vigor en enero de 2016, con lo que los países que se han comprometido a alcanzar los ODS, aún están poniendo en marcha sus planes de actuación. Si bien es cierto, que ya existen diferencias relevantes en cuanto al cumplimiento de los Objetivos, fundamentalmente debidas a los diferentes puntos de partida entre los países miembros de la OCDE y el resto.

¹⁹¹ Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

¹⁹² Fuente: Sistema de las Naciones Unidas en el Perú - <http://onu.org.pe/ods/>

5.1 ESTADO DE LOS ODS EN AMÉRICA LATINA

Para realizar este estudio, partimos del índice publicado por Bertelsmann¹⁹³, en el que se otorga una calificación numérica a cada país por ODS, la cual describe el estado de cumplimiento del mismo. Este índice está basado en una serie de indicadores asociados a cada Objetivo de Desarrollo Sostenible.

Los países que conforman la región de América Latina se sitúan en una posición intermedia dentro del ranking de cumplimiento de los ODS. Destacan por su buena situación, general, sobre el resto: Argentina, Chile, Costa Rica, Brasil y México.

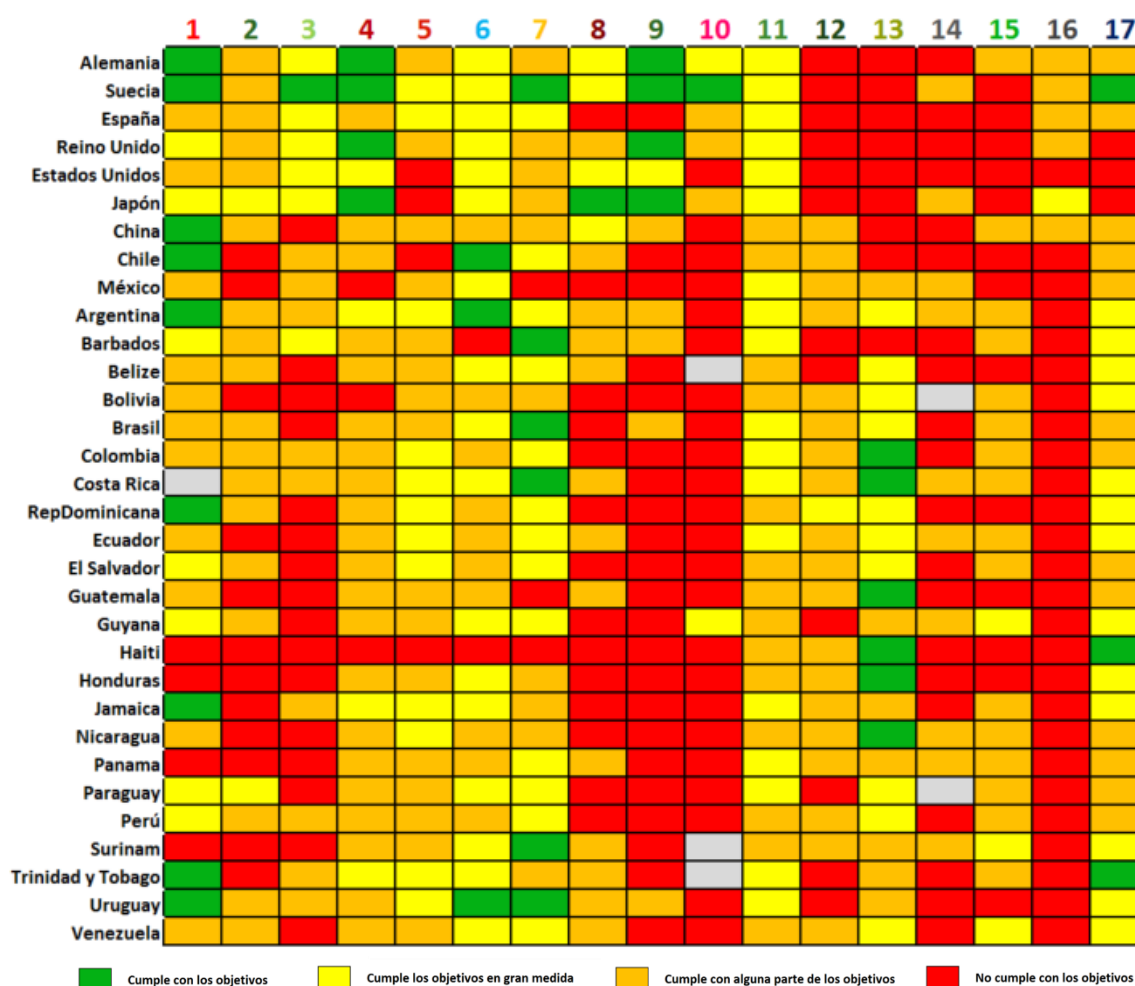


Figura 113. Situación cualitativa de los ODS en países de interés¹⁹⁴

¹⁹³ Fuente: Global Responsibilities: International spillovers in achieving goals –BertelsmannStiftung - <http://www.sdgindex.org/assets/files/2017/2017-SDG-Index-and-Dashboards-Report--full.pdf>

¹⁹⁴ Fuente: Global Responsibilities: International spillovers in achieving goals –BertelsmannStiftung - <http://www.sdgindex.org/assets/files/2017/2017-SDG-Index-and-Dashboards-Report--full.pdf>

En términos generales, los países latinoamericanos se encuentran rezagados respecto a los países líderes en el ranking, si bien es cierto que los líderes deben mejorar especialmente en los ODS los aspectos relacionados con el respeto al medio ambiente y el consumo responsable.

Los altos niveles de desigualdad (ODS 10) y la promoción de sociedades pacíficas, justas y transparentes (ODS 16) representan desafíos críticos en la región y deben ser mejorados para alcanzar un nivel más alto. A su vez, este índice muestra niveles bajos de industrialización e innovación (ODS 9), en prácticamente la totalidad de la región, lo cual impacta negativamente en otros ODS como: desafíos en materia de salud (ODS 3), crecimiento económico (ODS 8) y nutrición deficiente (ODS 2).

Existen diferencias notables entre los diferentes países, considerados de interés¹⁹⁵ que se muestran en la siguiente gráfica, en la que el 100 significa la consecución del Objetivo:



Figura 114. Comparación del ODS10 y ODS16 entre los países de interés¹⁹⁶

Se puede observar que, en términos de reducción de la desigualdad (ODS10), Argentina presenta los mejores resultados, seguida de Perú y Ecuador. Por el contrario, Colombia y Brasil son los países que presentan una mayor desigualdad.

Por otro lado, Chile es el país mejor posicionado en cuanto a la promoción de una sociedad pacífica, justa y transparente. El resto de países de interés presentan datos similares, cercanos al 50% del cumplimiento del objetivo, destacando Brasil y Colombia como países más alejados del mismo.

¹⁹⁵ Nota: Estos países se corresponden con aquellos que conforman el 90% del PIB de la región, además de los casos de interés de Costa Rica y Paraguay

¹⁹⁶ Fuente: Global Responsibilities: International spillovers in achieving goals –BertelsmannStiftung - <http://www.sdgindex.org/assets/files/2017/2017-SDG-Index-and-Dashboards-Report--full.pdf>

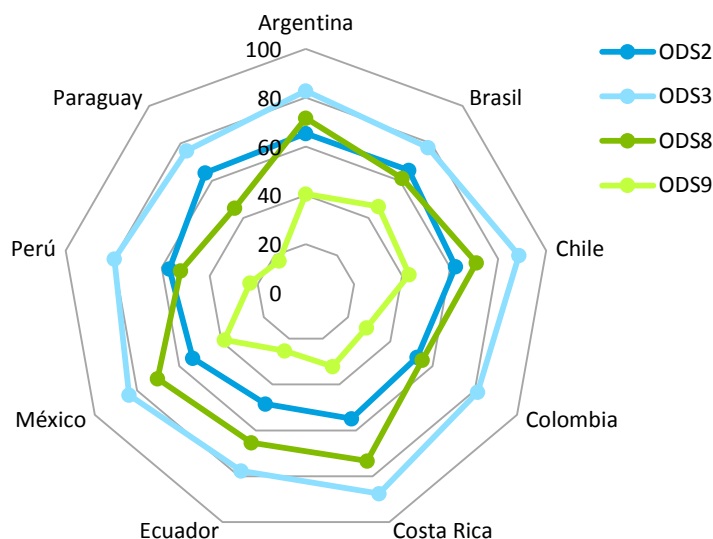


Figura 115. Comparación de los ODS2, ODS3, ODS8 y ODS9 entre los países de interés¹⁹⁷

El nivel de industrialización e innovación (ODS 9) es un parámetro esencial en este estudio, debido a que, como se ha comentado anteriormente, la infraestructura disponible es factor determinante para la adopción de soluciones IoT. En este sentido, Brasil presenta los mejores datos de la región, seguido de cerca por Chile, Argentina y México. Por el contrario, Paraguay, Perú y Ecuador se encuentran rezagados respecto al resto de países en este aspecto.

Si bien es cierto, que los países punteros, en cuanto a industrialización en la región, tienen un gran potencial de crecimiento en los próximos años, aún se encuentran alejados de la media de la OCDE.

El desarrollo económico de cada país, está estrechamente ligado a su nivel de industrialización e innovación, es por ello que países punteros en industria: Chile, Argentina y México; también lo son en desarrollo económico. Sin embargo, Brasil, el país más industrializado de la región, se encuentra ligeramente rezagado en cuanto a crecimiento económico. Otro caso especial es el de Costa Rica, líder en desarrollo económico en la región, si bien es cierto que el grado de industrialización del país no es el más alto, su estabilidad política actúa como potenciador de los diferentes sectores del país.

En cuanto al Objetivo de Hambre Cero (ODS2) destacan positivamente en la región: Brasil, Argentina, Paraguay y Chile, situándose ligeramente rezagados Ecuador, Colombia y México.

¹⁹⁷ Fuente: Global Responsibilities: International spillovers in achieving goals –BertelsmannStiftung - <http://www.sdgindex.org/assets/files/2017/2017-SDG-Index-and-Dashboards-Report--full.pdf>

5.2 El IoT y los ODS

Una vez se ha definido de forma breve qué son los ODS y la situación de la región de América Latina respecto al cumplimiento de los mismos, a continuación, se desarrolla el impacto que se vislumbra para el IoT en los ODS.

¿Cuál es la relación existente entre las posibilidades que brinda el ecosistema IoT en un país y el estado de sus ODS? Para conocer esta relación se ha correlado la puntuación de cada ODS, aportada por el índice de Bertelsmann¹⁹⁸, y la puntuación obtenida a partir del índice IoT, desarrollado en este documento y expuesto en el Capítulo 3 “Identificación de barreras para la adopción del IoT por parte de empresas y como mitigarlas”.

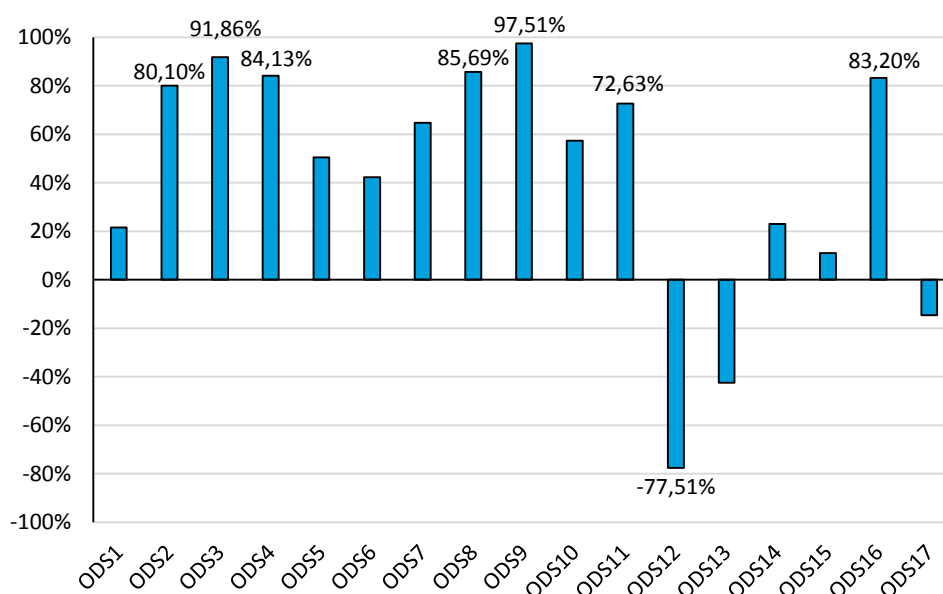


Figura 116. Correlación entre el estado del IoT y el estado de sus ODS

Tal y como se muestra en la Figura, hay ODS que guardan una fuerte relación con el estado del IoT. Se puede observar que los ODS que se encuentran más correlados con el estado del IoT son aquellos que presentan los peores niveles en la región de América Latina. Estos ODS son:

- **Hambre cero**
- **Salud y Bienestar**
- **Educación de calidad**
- **Trabajo decente y crecimiento económico**
- **Industria, innovación e infraestructura**
- **Producción y consumo responsables**
- **Paz, justicia e instituciones sólidas**

¹⁹⁸ Fuente: Global Responsibilities: International spillovers in achieving goals –BertelsmannStiftung - <http://www.sdgindex.org/assets/files/2017/2017-SDG-Index-and-Dashboards-Report--full.pdf>

Los países integrantes de la OCDE, cuya puntuación es elevada para los ODS que presentan una mayor relevancia con el propósito de este estudio, también presentan buenos números en el índice de IoT. Por tanto, parece evidente que la evolución del ecosistema IoT en un país, puede influir positivamente en la evolución hacia la consecución de sus ODS.

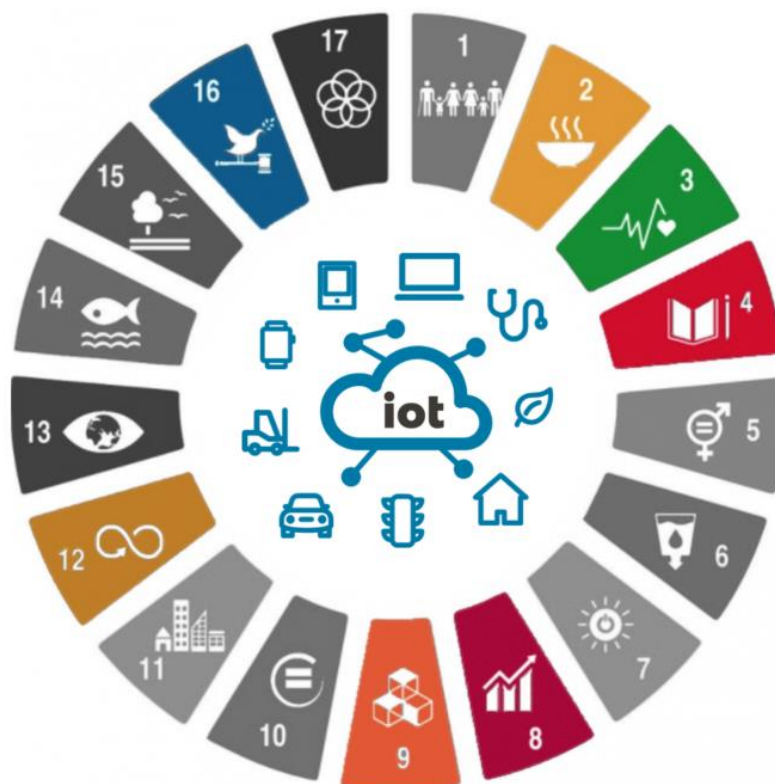


Figura 117. ODS con mayor correlación con el estado del IoT

Cada uno de estos ODS debe ser analizado independientemente, con el fin de encontrar la relación de causalidad que genera la relación entre ODS e IoT, si bien es cierto, que el desarrollo del IoT por sí solo no solventará los grandes desafíos de los países bajo estudio, sí se puede afirmar que una utilización del mismo y el florecimiento del ecosistema asociado redundará en la mejora de los distintos indicadores.



80,10%

El ODS de Hambre Cero está fuertemente ligado al desarrollo del entorno IoT. Los países en los que se aplican más soluciones IoT sobre sectores como el agropecuario, incrementan su productividad, lo cual genera un impacto directo sobre este Objetivo.

Solución IoT
Monitorización de ganado
(Bovcontrol)



Aumento en la producción (1.5Kg
más por día y animal)
Paso hacia una producción más
eficiente

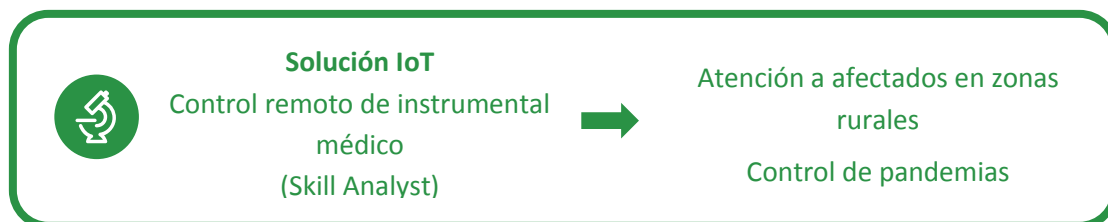




Salud y Bienestar es el segundo ODS con mayor relación con el entorno IoT. Los países que presentan un mayor grado de digitalización en su sector sanitario, incluyendo soluciones IoT (como la monitorización de activos médicos o pacientes), son aquellos que están más cercanos a cumplir este Objetivo.

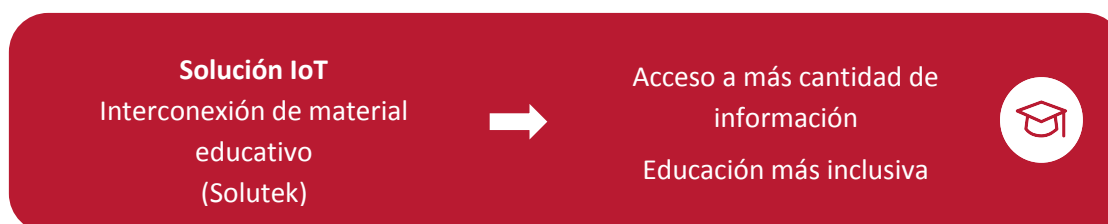


91,86%



84,13%

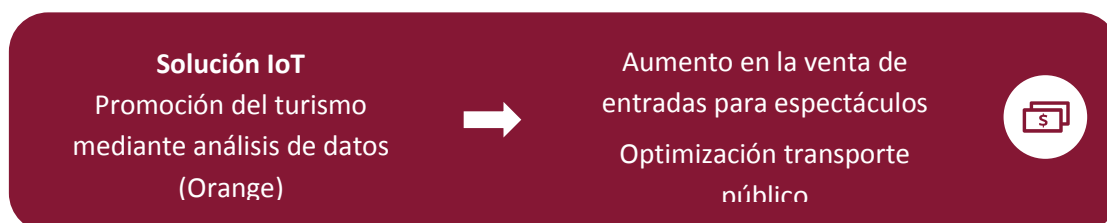
Aquellos países que han optado por la digitalización de su sector educativo, como es el caso de los países nórdicos, presentan un porcentaje de cumplimiento de este ODS cercano al 100%. Los países de la región latinoamericana, en los que aún se están dando los primeros pasos en torno a las soluciones digitales dentro del sector educativo, se encuentran más lejos de alcanzar este Objetivo.



El crecimiento económico está estrechamente relacionado con el desarrollo del entorno IoT. Esto se debe a que, como se ha visto anteriormente, las soluciones IoT, y en definitiva la digitalización, generan un fuerte impacto en todos los sectores económicos de un país, impulsándolos hacia nuevas cuotas.

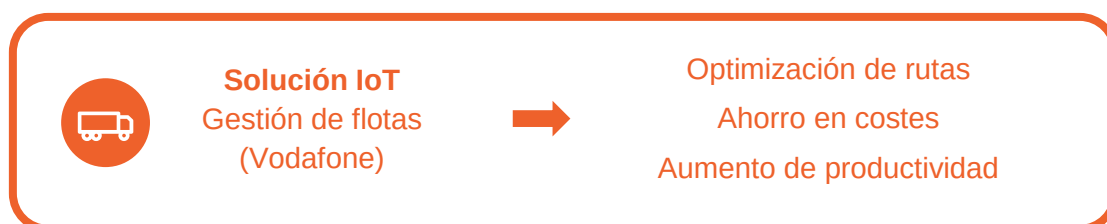


85,69%



97,51%

Industria, innovación e infraestructura es el ODS más ligado al estado del ecosistema IoT. Las sistemas IoT son, en sí mismos, soluciones innovadoras. Por otra parte, la nueva Industria 4.0 es el sector en el que mayor impacto tendrá el IoT y los países que ya han empezado la digitalización de su sector industrial han experimentado grandes avances, en términos de producción.



Hay un ODS que destaca por su relación inversamente proporcional con el desarrollo del entorno IoT. Cuanto mayor es el desarrollo del ecosistema IoT en un país, peores datos en el ODS de producción y consumo responsables presenta. Esto podría ser debido a que los países más digitalizados aún están poniendo en marcha sus medidas para mejorar este ODS.



-77,51%



El IoT, junto con otras tecnologías innovadoras de la era digital como el blockchain, el *Big Data* o la Inteligencia Artificial; podrían llegar a impactar positivamente en este ODS, proporcionando transparencia sobre las instituciones públicas nacionales.



En definitiva, la forma en la que el IoT impacta sobre muchos ODS, representa un argumento más en favor de la digitalización de la región latinoamericana, así como la implantación de sistemas basados en nuevas tecnologías, como el IoT.

Seguir la senda marcada por los países líderes en el ranking de cumplimiento de los ODS, podría conllevar beneficios, tanto desde el punto de vista económico, como desde el punto de vista social, generando un impacto positivo sobre toda la región.



6 Mejores prácticas en políticas públicas

La digitalización del sectores económicos ha pasado a ser, en los últimos años, un factor relevante para las diferentes regiones del mundo. Su potencial continúa creciendo con la aparición de nuevas soluciones y tecnologías, y los distintos países comienzan a desarrollar estrategias nacionales en torno a la digitalización de dichos sectores, basadas en el desarrollo de tecnologías clave y en el apoyo a empresas orientadas a la innovación mediante mecanismos de apoyo y financiación.

En este apartado se pretende dar una visión más concreta del impacto que pueden generar las políticas públicas en la Industria 4.0, sector en el que el IoT puede obtener una mayor relevancia, así como a otros sectores de especial interés para la región, ya destacados en anteriores apartados de este estudio, como pueden ser los sectores sanitarios, turístico y agrícola.

6.1 POLÍTICAS PÚBLICAS LA INDUSTRIA 4.0

La Industria 4.0, nombre con el que se identifica la transformación digital del sector industrial, engloba principalmente sectores asociados a manufacturas, impactando a su vez en distintas etapas de la cadena de valor de los sectores agrícola, minero o comercio.

Los planes nacionales, suelen estar basados en tres aspectos fundamentales:

- Fomentar la innovación en torno a las nuevas tecnologías habilitadoras de la transformación digital. En este aspecto el IoT, centro de este estudio, juega un papel fundamental. También es relevante la innovación en torno a otras tecnologías, como el *Cloud Computing* o el *Big Data*.
- Promover la adopción de estas nuevas tecnologías en las empresas locales, especialmente en las pequeñas y medianas empresas.
- Impulsar la colaboración entre los distintos agentes para fomentar el desarrollo innovador.

Como se ha expuesto anteriormente, promover la evolución del ecosistema IoT debe ser uno de los aspectos fundamentales a tratar. El entorno IoT presenta grandes oportunidades para todos los actores que lo componen, desde los proveedores de conectividad y servicios, hasta los propios estados en los cuales se implantan las soluciones.

6.1.1 Políticas públicas en América Latina para el desarrollo de la Industria 4.0

Para los países, hacerse atractivos a ojos del ecosistema IoT representa una excelente oportunidad para atraer inversión. Es por ello, que algunos de los gobiernos latinoamericanos han presentado planes para impulsar el entorno IoT, con elementos de políticas públicas, para dar un paso en la dirección de la consecución de la Industria 4.0 y en el desarrollo de otros sectores relevantes.

Estos planes, en muchos casos, abordan el rol de la expansión de redes inalámbricas, sobre las cuales se sustentan las soluciones IoT, y favorecen el desarrollo del entorno IoT con regulación favorable a la innovación. A su vez, las agencias nacionales de cada país deberían mostrarse abiertas a la colaboración con actores privados, con el fin de resolver temas centrales para el correcto desarrollo del ecosistema IoT, como la seguridad informática, la protección de datos personales y la eficiencia energética.

En la siguiente Figura se muestran, de forma esquemática, las mejores prácticas en políticas públicas en diversos países de la región. A continuación, se abordarán de forma más detallada aquellas políticas que se consideran más relevantes por su impacto en los países y que podrían ser exportadas a otros países para el favorecimiento del crecimiento del ecosistema IoT.

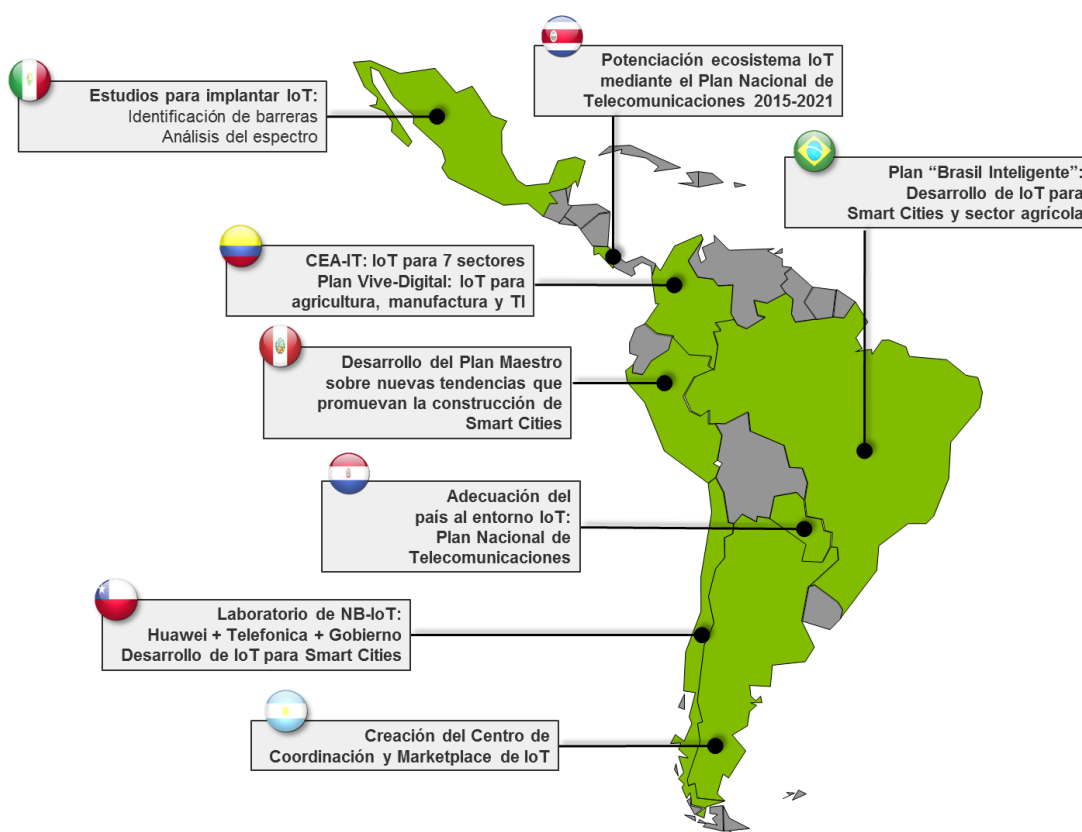


Figura 118. Mejores políticas públicas en América Latina

BRASIL: DESARROLLO DE UN PLAN NACIONAL COORDINADO CON EL DESARROLLO DIGITAL

El Ministerio de Comunicaciones brasileño lanzó, en mayo de 2016, la Plataforma IoT – Estructura Abierta de Tecnologías para Internet de las Cosas y sus Aplicaciones, una iniciativa que forma parte del programa Brasil Inteligente¹⁹⁹. Dicho plan, establecido en la Ley nº8776/16²⁰⁰ pretende: la ampliación de las redes de telecomunicaciones, promover la

¹⁹⁹ Fuente: TeleSemana: <http://www.telesemana.com/blog/2016/05/05/ministerio-de-comunicaciones-de-brasil-lanza-plataforma-de-iot/>

²⁰⁰ Ley nº 8.776/16. <http://www.tic.siteal.iipe.unesco.org/normativa/2031/ley-no-877616-establece-programa-brasil-inteligente>

implantación de *Smart Cities* y el desarrollo de nuevas tecnologías móviles y fomentar el uso y adopción del IoT y M2M. La Plataforma tiene como objetivo el desarrollo de tecnologías IoT y comunicaciones M2M para aplicaciones de ciudades inteligentes, seguridad pública, movilidad urbana, salud y educación, entre otros. El proyecto tiene una duración de tres años y un presupuesto de 34,8 millones de reales brasileños (10,7 Millones de USD). La iniciativa cuenta con recursos del Fondo para el Desarrollo Tecnológico de las Telecomunicaciones (Funttel) y es desarrollada por el Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones (CPqD), en conjunto con otras instituciones de enseñanza.

COLOMBIA: IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO DE EXCELENCIA CON FOCO EN EL IoT

Colombia, es otro ejemplo de país que, mediante políticas públicas, apoya la evolución del IoT. En 2016 se creó el Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IoT)²⁰¹, como una iniciativa impulsada desde el Ministerio de las TIC (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), con el apoyo de Colciencias (ente rector de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en el país).

La creación del CEA-IoT se enmarca en una estrategia que busca posicionar a Colombia como líder regional en TIC. El Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas es una alianza entre universidades, líderes tecnológicos mundiales y empresas ancla que presenta como objetivo potenciar el desarrollo económico del país desde la tecnología y la innovación a través del IoT, buscando resolver las distintas necesidades de los sectores productivos del país, fundamentado en la formación de talento humano especializado en IoT.

El centro clasifica su trabajo en siete verticales: salud, logística, industria, *wearables*, seguridad, agroindustria y gobierno.

Como se establece en la propuesta de valor del CEA-IoT, sus aspectos básicos de trabajo son:

- **El desarrollo de productos y servicios innovadores basados en IoT** para un mayor bienestar de la sociedad y una mayor competitividad de la economía nacional.
- **El fortalecimiento del ecosistema** de innovación y emprendimiento en IoT para la proyección del país a nivel internacional.

En un periodo de diez años el CEA-IoT pretende ser:

- **Referente en la región de América Latina** en el desarrollo de productos y servicios basados en tecnologías de IoT.
- **Brazo asesor por excelencia del Gobierno Colombiano** y sus entidades locales y nacionales en áreas que involucran la temática de IoT.
- **Impulsor fundamental del ecosistema de emprendimiento** colombiano de empresas de base tecnológica en IoT.

²⁰¹ Fuente: CEA-IoT: <http://www.cea-iot.org/>

Las líneas de trabajo priorizadas por el CEA-IoT se encuentran alineadas con las metas del Plan Vive Digital 2014-2018 de Colombia y con el Plan Nacional de Transformación Productiva, en el que se identifican como áreas prioritarias para la digitalización los sectores de manufacturas, agroindustria y servicios *Software & TI*.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto y con el fin de dar respuesta a las necesidades identificadas en las entidades ancla, el CEA-IoT se especializa en las siguientes líneas de investigación y desarrollo: Salud, Logística, Industria, *wearables*, Seguridad, Agroindustrial y Gobierno.

Por su parte, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) elaboró en 2016 un informe de los aspectos regulatorios afectados por el desarrollo del IoT²⁰², de cara a preparar en el ámbito regulatorio sus capacidades.

MÉXICO: DESARROLLO NORMATIVO HACIA EL IOT

Por último, México se presenta como ejemplo de país en la región que, si bien no presenta aún una propuesta definida sobre IoT (como es el caso de Brasil o Colombia) ha dado los primeros pasos para establecer una línea de actuación coherente para la evolución del ecosistema IoT.

En el PAT 2017²⁰³ (Programa Anual de Trabajo 2017) el IFT (Instituto Federal de Telecomunicaciones) presenta una serie de pasos a seguir, en relación a la potenciación del entorno IoT en el país:

- **La realización de una consulta pública sobre la atribución de frecuencias** en el rango de 24,25GHz a 86 GHz, con el objetivo de favorecer el acceso a través del espectro radioeléctrico para aplicaciones IoT, así como permitir la introducción del entorno 5G y tecnologías de última generación en el interés nacional.
- La creación de un **catálogo de dispositivos IoT**.
- La realización de un **“Estudio sobre estrategia regulatoria para fomentar el desarrollo del IoT en el México”**. Este estudio que debería haber visto la luz en 2017, sin embargo no se dispone de la información a la fecha de la publicación de este estudio. El informe dispondrá de un análisis en el cual se detecte el estado y la evolución del IoT a nivel internacional, identificando tendencias y mejores prácticas implementadas por reguladores de otros países, así como casos concretos de éxito y desafíos clave. El mencionado estudio servirá para el diseño de un mapa que defina las directrices regulatorias que podría seguir el IFT en el medio y largo plazo para el desarrollo del IoT en el país.

²⁰² Revisión del marco normativo regulatorio para la provisión de Contenidos y Aplicaciones y Condiciones normativas para la adopción del Internet de las Cosas.

²⁰³ Fuente: IFT – PAT2017:

<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdoliga/pift25011710patpublicadoacc.pdf>

- **La realización de un estudio**, fechado para finales de 2017, **que incluirá el impacto de servicios IoT en las redes de los proveedores de servicios de Internet**, tendencias internacionales, alternativas regulatorias (identificando beneficios y riesgos para los diversos agentes económicos, proveedores de servicios, usuarios finales, gobierno y desarrolladores, entre otros), así como una propuesta regulatoria para México. Este informe permitirá al Instituto contar con una base teórica y práctica que apoye las adecuaciones requeridas tanto al interior como al exterior del IFT para regular apropiadamente un mercado convergente de telecomunicaciones.

Estos puntos ayudarán al crecimiento del IoT, lo que repercutirá directamente en el crecimiento de la digitalización de la industria y acercará a la región a la Industria 4.0.

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN EN PARAGUAY

Es caso de especial interés en este estudio el estado de las políticas públicas, que apoyan el desarrollo del entorno IoT, en Paraguay. Si bien es cierto que el país aún no dispone de un plan específico sobre IoT, está ejecutando los pasos previos que permitan disponer de un entorno favorable para el desarrollo de este ecosistema.

El sector de las telecomunicaciones en Paraguay está regulado por el Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), que trabaja bajo el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), creado mediante la Ley de Telecomunicaciones No. 642²⁰⁴ de 1995. El objetivo de CONATEL es potenciar el desarrollo de las infraestructuras de telecomunicaciones, servicios y tecnologías en el país, además de garantizar una distribución eficiente del espectro.

En 2011, CONATEL publicó el Plan Nacional de Telecomunicaciones (PNT), con el objetivo de promover la adopción de banda ancha fija y móvil. La consecución de los objetivos propuestos por este Plan, para el año 2015, ha supuesto un gran avance tecnológico en el país.

Asunto	Objetivo	Resultado
Inversión en el sector de las telecomunicaciones	150 millones de USD/año	Conseguido
Fibra interurbana	1.000 km/año	Conseguido
Densidad móvil	100%	Conseguido
Densidad fija	10%	No conseguido
Localizaciones con servicios móviles	95%	Conseguido
Municipios conectados con fibra	200	Conseguido

Tabla 6. Resultados PTN 2011-2015²⁰⁵

²⁰⁴ Fuente: https://www.conatel.gov.py/images/oprincipal/LEY%20642/Ley_N_642-95.pdf

²⁰⁵ Fuente: https://www.conatel.gov.py/images/oprincipal/PNT%202016_2020/RD.244.2016%20-%20PNT%202016_2020.pdf

Adicionalmente a los resultados mostrados en la Tabla, el Plan consiguió: una expansión de servicios de banda ancha, el desarrollo de la red 4G en la banda 1700-2100 MHz y una adopción de teléfonos móviles en el 94% de los hogares de Paraguay.

Tras el éxito del PNT, en 2015, se definieron nuevos objetivos para el año 2020²⁰⁶:

- Expansión de la conectividad de banda ancha al 40% de la población y al 70% de las empresas
- Mayor conectividad para todos los organismos públicos del país
- Mayor asequibilidad, mediante una reducción de precios del 80% para los usuarios y un ajuste en las tarifas
- Mayor cobertura (fija y móvil) para la población
- Inclusión de Departamentos en el plan “Paraguay Digital”

Según CONATEL, el nuevo plan se encuentra en sus etapas iniciales de identificación de soluciones que ayuden en la consecución de los objetivos fijados. Como ejemplo del crecimiento del plan “Paraguay Digital”, que trata de acercar las nuevas tecnologías a la población paraguaya, se expone el caso del Departamento de Itapúa, que cuenta con un centro con acceso completo a Internet²⁰⁷. El centro tiene 80 estaciones base de acceso radio y la extensión de 1.800 km de fibra óptica. Es importante señalar que, en el Departamento de Itapúa, además del establecimiento de este nuevo centro, se han entregado 57 cuentas de acceso a Internet a las escuelas, también 51 cuentas de acceso a Internet en comisarías de policía, 6 Telecentros, 19 ordenadores con Wi-Fi y 800 cuadernos para los estudiantes de las Universidades Nacionales.

Especialmente relevante, para el desarrollo del ecosistema IoT, es la **asignación de espectro** a servicios de banda ancha móvil. La UIT (Unión Internacional de las Telecomunicaciones) requiere, para el año 2020, un mínimo de 1280 MHz otorgados a este tipo de servicios²⁰⁸.

Desarrollo de eGovernment en Paraguay

Como caso de mejores prácticas en políticas públicas en Paraguay se expone el desarrollo de *eGovernment* en el país, emprendido por SENATICS (Secretaría Nacional de Tecnologías de la Información y la Comunicación)²⁰⁹. Si bien es cierto que Paraguay se sitúa en una situación aún rezagada en el desarrollo de *eGovernment*, se han puesto en marcha soluciones, inspiradas en el caso de éxito de Estonia, que ya han traído beneficios inmediatos en el país.

²⁰⁶ Fuente: https://www.conatel.gov.py/images/iprincipal/PNT%202016_2020/RD.244.2016%20-%20PNT%202016_2020.pdf

²⁰⁷ Fuente: <https://www.conatel.gov.py/index.php/incio-new/349-itapua-ya-forma-parte-del-paraguay-digital>

²⁰⁸ Fuente: Digital Agenda Scoreboard indicators, <http://digital-agenda-data.eu/>

²⁰⁹ Fuente: SENATICS - <https://www.senatics.gov.py/noticias/presidente-cartes-destaca-tareas-emprendidas-por-la-senatics-en-su-cuarto-informe-al-congreso>

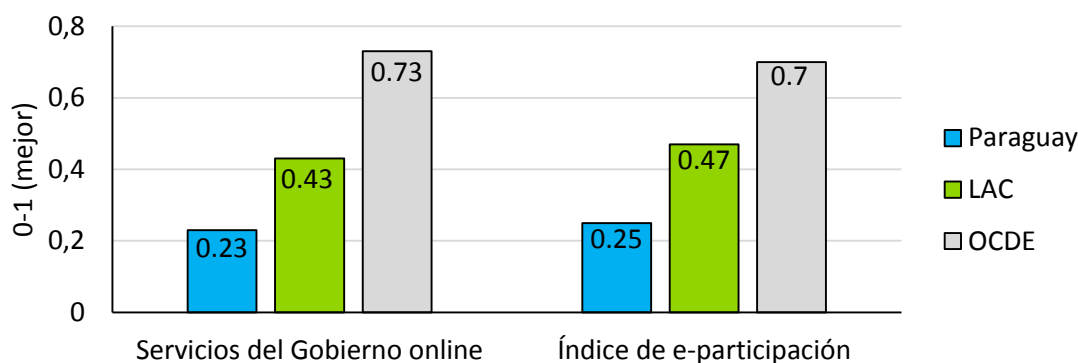


Figura 119. Situación del eGovernment²¹⁰

Las soluciones de Gobierno electrónico en Paraguay que actualmente están en marcha son²¹¹:

- **Portal Único de Gobierno:** Ventanilla única que permite al ciudadano tener acceso a toda la información, trámites y servicios ofrecidos por las instituciones del Poder Ejecutivo y hasta el momento se puede encontrar información de 11 ministerios y 19 secretarías de Estado.
- **Plataforma de capacitación a distancia para docentes**
- **Intercambio de Información** de compras públicas de la Dirección Nacional de Contrataciones Públicas
- **Plataforma de datos abiertos:** datos.gov.py²¹². Más de 200 indicadores, 115 instituciones y 11 aplicaciones haciendo uso de los mismos.

Estas soluciones han repercutido beneficiosamente en el país, trayendo consigo una serie de beneficios:

- Creación de espacios de interacción para diseñar implementar y monitorear iniciativas públicas relacionadas con la transparencia y participación ciudadana.
- Paraguay ascendió del puesto 132 al 53 en la lista de transparencia gubernamental publicada por la ONU.
- Ha subido 27 lugares en el índice mundial del gobierno electrónico. Ascendió 50 lugares en el índice de e-participación.
- Se crearon y mejoraron portales de atención al ciudadano. Adhiriendo 99 instituciones públicas y aumentando las respuestas a solicitudes ciudadanas a un 80%.
- Se han definido 58 compromisos concretos para combatir la corrupción, siendo uno de los 10 países del mundo que más avanzó en esta materia.

²¹⁰ Fuente: Naciones Unidas - 2014

²¹¹ Fuente: SENATICS - <https://www.senatics.gov.py/noticias/presidente-cartes-destaca-tareas-emprendidas-por-la-senatics-en-su-cuarto-informe-al-congreso>

²¹² Fuente: Secretaría Nacional de Tecnologías de la Información y Comunicación: <https://www.senatics.gov.py/>

Estrategia Nacional y medidas regulatorias para la inclusión financiera y el uso de pagos electrónicos en Paraguay

Otro de los sectores en los que Paraguay ha apostado por la digitalización, es el sector financiero. El país inició en 2012 el proceso de elaboración de una estrategia nacional de inclusión financiera a la vez que tomaba medidas regulatorias para facilitar los nuevos servicios (Resolución N°6)²¹³.

La resolución 6, publicada en 2014, regula los medios de pago electrónico y está basada en la Ley de Sistema de Pagos de mayo de 2012 y el Artículo 45 de la Ley Orgánica 489 de 1995 del Banco Central de Paraguay, la cual regula los pagos y liquidación de valores en Paraguay²¹⁴.

Entre las principales características de esta resolución se destaca:

- **Se permite a entidades distintas de bancos crear una entidad de Medio de Pago Electrónico (EMPE)**²¹⁵: de forma que son capaces de procesar, administrar y/o prestar servicios relacionados con los medios de pago electrónico a través de servicios de telecomunicaciones. Estas empresas no pueden realizar operaciones de intermediación financiera ni abonar intereses.
- **La totalidad de los recursos de cada titular, agente o punto de venta debe estar garantizado en su totalidad por la EMPE**: Esto se consigue gracias a que los puntos de venta ofrecen servicios de prepago. Se minimizan así riesgos de liquidez y salvaguarda los fondos. El dinero no está expuesto a fluctuaciones del mercado.
- **La EMPE:**
 - Debe aplicar las Medidas de Debida Diligencia Abreviada.
 - Puede formar una red de agentes y puntos de venta
 - Está obligada a implementar sistemas de recepción y solución de reclamos de forma gratuita.
- **Los usuarios pueden disponer de un máximo de 545 USD y hacer transferencias mensuales de hasta 1.050 USD**: Esta limitación es también similar a la observada en otros países de la región (Brasil, Perú o Colombia) y las cuentas de dinero móvil se pueden abrir de forma remota.

²¹³ Fuente: GSMA 2015. Regulación y políticas para el dinero móvil en Paraguay.

http://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2015/11/2015_GSMA_Regulacion-y-Politicas-para-el-Dinero-Movil-en-Paraguay.pdf

²¹⁴ Fuente: GSMA 2015. Regulación y políticas para el dinero móvil en Paraguay

²¹⁵ Entidad de Medio de Pago Electrónico (EMPE): persona jurídica autorizada cuyo objeto exclusivo será el de procesar, administrar y/o prestar servicios relacionados a medios de pagos electrónicos a través de servicios de telecomunicaciones. La EMPE podrá prestar servicios de provisión de dinero electrónico y/o realizar transferencias electrónicas no bancarias

6.1.2 Mejores prácticas internacionales en materia de políticas públicas para el desarrollo de la Industria 4.0

Los principales países industriales ya disponen de estrategias en relación a la Industria 4.0. A continuación, se expone la situación de distintos países alrededor del mundo, que han desarrollado políticas públicas que apoyan la evolución de la digitalización del sector industrial.

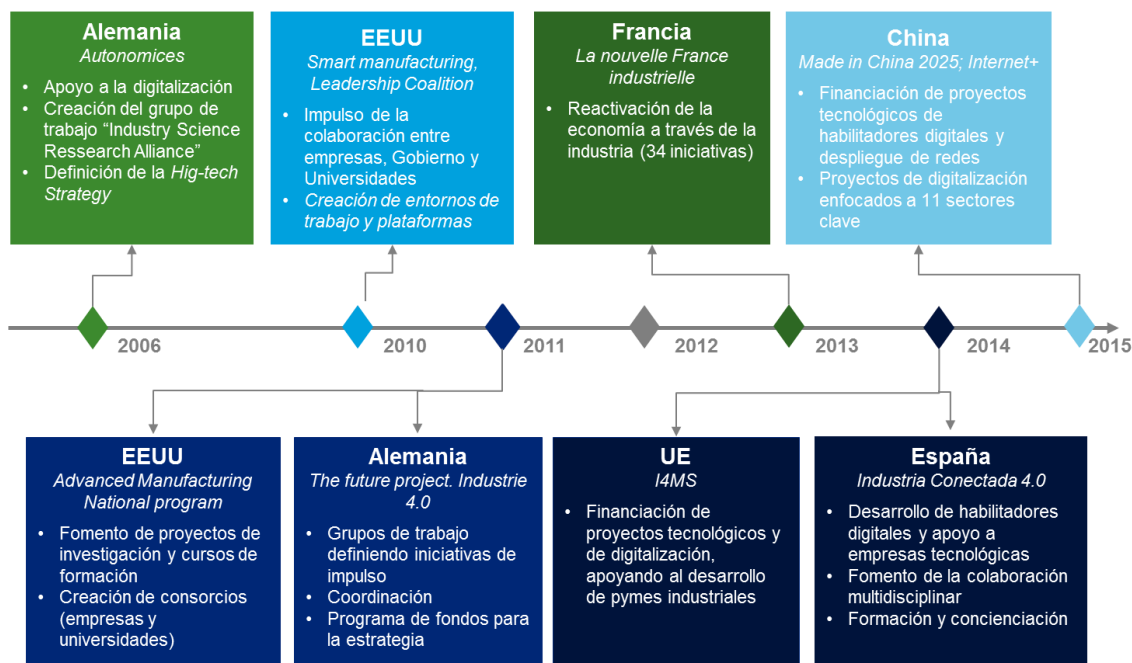


Figura 120. Iniciativas y planes estratégicos para la digitalización del sector industria

PLANES DE PROMOCIÓN DE LA INDUSTRIA EN EUROPA

La industria manufacturera en la Unión Europea representa un valor cercano al 20% del PIB, pero su importancia estratégica es mucho mayor, ya que el sector industrial es el corazón de la innovación (con el 80% de todos los gastos de investigación e innovación) y la competitividad global (con el 75% de las exportaciones)²¹⁶.

La Unión Europea realiza un papel fundamental dentro de la estrategia industrial de los países que la conforman. La Comisión Europea, dentro del marco Europa 2020, elabora recomendaciones y promueve iniciativas relacionadas con el desarrollo de la Industria 4.0. Algunas de estas iniciativas son:

- **Innovation Union**²¹⁷: es la estrategia de la Unión Europea para crear un entorno favorable a la innovación que facilite que las grandes ideas se conviertan en productos y servicios que aporten crecimiento y empleo a la economía.

²¹⁶ Fuente: European Committee of the Regions - <http://cor.europa.eu/en/policies/growth-and-jobs/Pages/industrial-policy.aspx>

²¹⁷ Fuente: http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm

- ***An industrial policy for the Globalization End*²¹⁸**: esta iniciativa destaca diez acciones clave para aumentar la competitividad industrial de Europa, incluida la ayuda a las pequeñas y medianas empresas, estimulando la innovación industrial e informando sobre la competitividad de Europa en el mercado global.
- ***A Digital Agenda for Europe*²¹⁹**: Su objetivo principal es el desarrollo de un mercado único digital para generar un crecimiento inteligente, sostenible e integrador en Europa, a partir de la digitalización, la estandarización, la seguridad y la innovación.

A través de estas estrategias se pretende que el PIB del sector industrial supere el 20%, además de un incremento del gasto en I+D de un 3%.

Pero los países que conforman la UE no solo se rigen por las políticas de la Unión Europea, sino que las complementan con estrategias nacionales que sirven para potenciar aún más la digitalización del sector industrial en los países más desarrollados del territorio europeo.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de dichas estrategias:

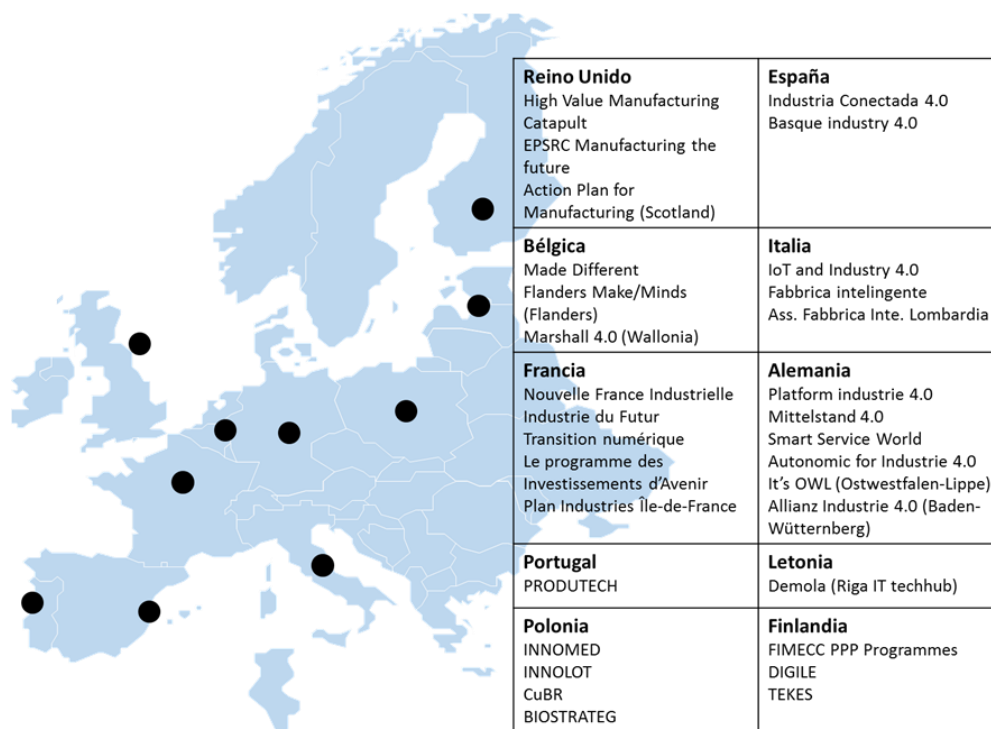


Figura 121. Iniciativas nacionales para el desarrollo de la industria digital²²⁰

²¹⁸ Fuente: European Committee of the Regions - <http://cor.europa.eu/en/policies/growth-and-jobs/Pages/industrial-policy.aspx>

²¹⁹ Fuente: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/europe-2020-strategy>

²²⁰ Fuente: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/map-overview-digitising-european-industry-initiatives-across-europe>

Alemania: Precursor de la transformación digital en la industria

El sector industrial representa más del 20% del PIB en Alemania. Este papel tan destacado de la industria en la economía alemana convierte al país germano en uno de los principales precursores del proceso de transformación digital de la industria.

Alemania cuenta con la estrategia *Platform Industrie 4.0*, sucesora de la *High-Tech Strategy*, que se basa en el desarrollo de clústeres específicos a nivel país y el impulso a la innovación. Con esta estrategia el país pretende incrementar su productividad en torno a un 20% y su PIB un 1%, creando 390.000 nuevos puestos de trabajo²²¹.

La *Platform Industrie 4.0* está compuesta por empresas privadas, sindicatos, asociaciones y representantes del gobierno; que conjuntamente desarrollan planes para impulsar la digitalización del sector industrial. La plataforma es dirigida por la ministra federal de asuntos económicos y energía, el ministro federal de educación e investigación y representantes de alto nivel de la industria y los sindicatos.

Entre los objetivos de la plataforma están:

- **Desarrollar recomendaciones conjuntas para todas las partes interesada:** que sirvan de base para la creación de marco consistente y confiable.
- **Generar alianzas** para apoyar la evolución de las habilidades empresariales relacionadas con las Industria 4.0.
- **Identificar todas las tendencias y desarrollos relevantes en el sector manufacturero:** con el fin de combinarlos para producir una comprensión general común del sector. La plataforma no realiza actividades operativas en el mercado, como centros de demostración, proyectos de investigación o proyectos dirigidos por la compañía, sin embargo, los inicia y los apoya proactivamente.
- **Identificación de áreas dónde se requiere normativa:** la plataforma realiza recomendaciones para el trabajo del comité nacional e internacional.

Además de la estrategia *Industrie 4.0*, Alemania cuenta con el plan de digitalización 2025, que promueve el desarrollo de infraestructuras de banda ultrarrápida, que soporten nuevos servicios como los surgidos del ecosistema IoT, con una inversión estimada de 10.000 millones de euros.

Reino Unido: Un paso hacia la innovación

Reino Unido apuesta con fuerza por la digitalización del sector industrial. Su estrategia se basa en tres pilares fundamentales:

²²¹ Fuente: Industry 4.0, The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, BCG

- **Innovate UK**²²²: es la Junta de Estrategia Tecnológica en Reino Unido, su agencia de innovación. Es un organismo público, no departamental, que reúne a miembros del gobierno y a los principales responsables de los sectores industrial y energético en el país. Su objetivo es acelerar el ritmo de la innovación mediante programas de subvención a empresas o la creación de centros de apoyo para la industria, como los *High Value Manufacturing Catapult*.
- **Creación de los High Value Manufacturing Catapult**²²³: centros que tienen como objetivo acelerar el proceso entre el concepto de producto innovador y su comercialización. Representan una asociación entre industria, gobierno e investigadores que tiene como objetivo final aumentar de manera significativa la contribución del sector manufacturero en la economía del Reino Unido.
- **Contratación pública**

Además, Reino Unido cuenta con otros programas asociados:

- **EPSRC manufacturing the future**²²⁴: Engineering and Physical Sciences Research Council es la principal agencia del Reino Unido para financiar investigación en ingeniería y ciencias físicas. Ofrece apoyo económico al sector industrial, especialmente en manufacturas de alto valor y con alto grado de especialización.
- **Action Plan for Manufacturing (Escocia)**²²⁵: El sector industrial de Escocia genera el 52% de las exportaciones del país y el 54% del gasto empresarial en investigación y desarrollo. Este plan de acción tiene como objetivo fomentar la innovación y el liderazgo del sector industrial escocés, mediante fomento de habilidades e inversiones en innovación.

Francia: Nuevas tecnologías para impulsar el sector industrial

Francia cuenta con el objetivo de mejorar su posición competitiva en el sector industrial mediante la innovación y el impulso de nuevas tecnologías. Con este objetivo, ha lanzado **La nouvelle France Industrielle (NFI)**²²⁶. NFI es una plataforma que tiene el objetivo de lograr que cada empresa francesa de un paso hacia la modernización de sus recursos industriales y la transformación de su modelo económico a través de la tecnología digital.

Con el fin de conseguir estos objetivos NFI se compone de un pilar fundamental: **La Industrie du Futur**, centrado en el sector industrial; y **9 soluciones aplicables a diferentes sectores**: economía

²²² Fuente: <https://www.gov.uk/government/organisations/innovate-uk>

²²³ Fuente: <https://hvm.catapult.org.uk/>

²²⁴ Fuente: <https://www.epsrc.ac.uk/research/ourportfolio/themes/manufacturingthefuture/>

²²⁵ Fuente: <https://www.scottish-enterprise.com/knowledge-hub/articles/insight/scotlands-manufacturing-action-plan>

²²⁶ Fuente: <https://www.economie.gouv.fr/nouvelle-france-industrielle/accueil>

de datos, objetos inteligentes, confianza en los números, alimentación inteligente, transporte inteligente, medicina del futuro, fuentes de energía renovables, etc.; que brindan soluciones concretas a importantes desafíos económicos y sociales y posicionan a las empresas francesas en los mercados del futuro.

La Industrie du Futur, fue lanzada en 2015 con el objetivo de aprovechar las nuevas tecnologías emergentes con el fin de cerrar la brecha entre el sector industrial francés y los sectores industriales líderes en el continente europeo. Esta plataforma apoya a empresas de todos los tamaños en sus procesos de digitalización y cuenta con una financiación de 2.500 millones de euros (más 100 millones de euros de premios para proyectos innovadores).

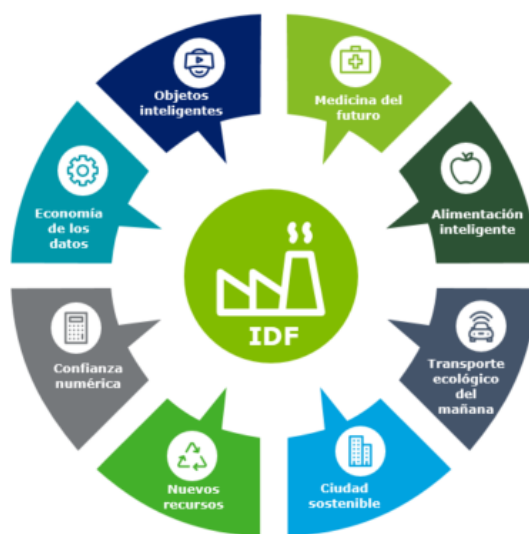


Figura 122. Composición de la plataforma *La nouvelle France Industrielle*

España: Industria como motor de la economía

España cuenta con el plan Industria Conectada 4.0²²⁷, enmarcado dentro de la “Agenda para el Fortalecimiento del Sector industrial en España” publicada en 2014²²⁸, que trata de fortalecer el sector industrial en el país (actualmente este sector alcanza el 13% del PIB) a través de la digitalización.

El plan español se compone de cuatro ejes fundamentales:

- **Garantizar el conocimiento y desarrollo de competencias entorno a la Industria 4.0:** mediante planes de concienciación y comunicación sobre la importancia de la digitalización en la industria del futuro.

²²⁷ Fuente: Industria Conectada 4.0: <http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/index.aspx>

²²⁸ Fuente: Propuestas de actuación de la Agenda: <http://www.minetur.gob.es/industria/es-ES/Servicios/Documents/Agenda-fortalecimiento-sector-industrial-Espa%C3%B1a-Definitivo-Publica-Correccion-2-2.pdf>

- **Fomento de la colaboración multidisciplinaria:** creación de entornos y plataformas para la colaboración entre los diferentes agentes que conforman el sector industrial en España.
- **Impulsar habilitadoras digitales:** Apoyo y financiación a pequeñas y medianas empresas que habilitan tecnologías disruptivas que pueden suponer un impacto positivo en la renovación tecnológica del sector industrial.
- **Actuar adecuadamente para promover el desarrollo de la Industria 4.0:**
 - Apoyo económico y social a las empresas que se adapten al plan Industria 4.0
 - Creación de un marco regulatorio y unos principios de estandarización adecuados para la evolución de la digitalización
 - Financiación de proyectos 4.0.



Figura 123. Pilares de las políticas de industria conectada

HACIA LA ECONOMÍA DIGITAL EN CHINA

Dentro del continente asiático, China es el gran precursor del proceso de digitalización de la industria. Con una visión amplia de la definición de industria, en marzo de 2015 el Congreso publicó el plan estratégico conjunto de dos iniciativas clave: *Internet+* y *Made in China 2025*. Estos programas acercan a China a los países desarrollados en cuanto a nivel tecnológico industrial, mediante la potenciación de tecnologías innovadoras. El Plan en conjunto establece una inversión de 3 billones de USD en tecnología.

Made in China 2025 (MiC2025)

Esta iniciativa, cuyas medidas se ejecutarán hasta 2025, supone el primer paso dentro de un programa global de treinta años de duración. El plan coincide con la estrategia de reindustrialización adoptada por los países más industrializados, basada en la fabricación inteligente como método para incrementar la competitividad.

La estrategia se desarrollará en tres fases:

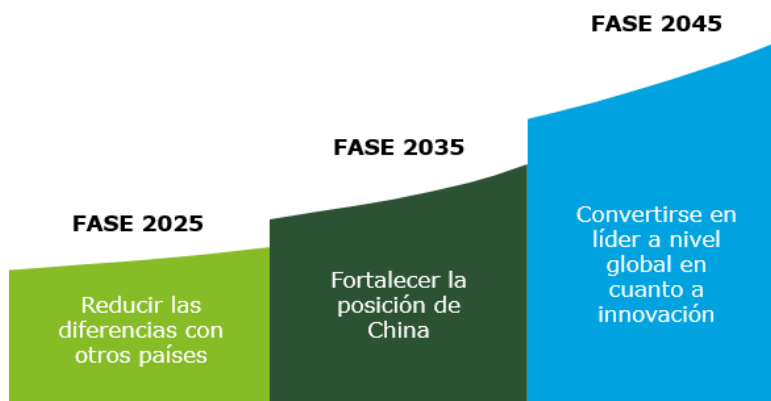


Figura 124. Fases de la estrategia de reindustrialización China²²⁹

Con esta visión, las autoridades del país aplican políticas favorables a la reestructuración de la industria tradicional manufacturera, con especial énfasis en innovación, propiedad intelectual y desarrollo sostenible, mientras promueven la fusión y reorganización de empresas. Además, proporcionan financiación a proyectos que favorezcan la digitalización del sector industrial y adecuen el marco regulatorio con el fin de impulsar la evolución del mismo.



Figura 125. Principales medidas para la implementación de Made in China 2025²³⁰

²²⁹ Fuente: Plan Made in China – Octubre 2016 – España Exportación e Inversiones

²³⁰ Fuente: Mizuho Bank. Strategic Vision and Outlook of "Made in China 2025" - 2015

Con esta estrategia, China tiene el **objetivo** de impulsar su base industrial (materias primas, componentes, procesos y tecnologías), que en la actualidad no está a la altura de las grandes potencias mundiales, al tiempo que otorga más peso a la investigación y al desarrollo. Made in China pretende aumentar la calidad de la producción mediante la aplicación de nuevos estándares, automatización y tecnologías inteligentes, a la vez que se hace hincapié en la producción sostenible. De este modo, la intención es que industrialización y digitalización vayan de la mano desde un primer momento.

Internet+

Esta iniciativa busca el cambio de la economía china de un sector intensivo en mano de obra hacia una economía digitalizada e innovadora. Este programa trasciende la industria manufacturera potenciando **11 sectores diferentes**, aunque relacionados con el sector industrial.

Área/Vertical	Prioridades del Gobierno
Innovación en la fabricación	Cultura y comunidad para el diseño y creación de productos Servicios asociados Desarrollo de plataformas abiertas
Industria colaborativa	<i>Smart manufacturing</i> Customización a grandes masas Integración de redes de IT y OT <i>Smart manufacturing as a service</i>
Smart agriculture	Sistemas de gestión de la producción agrícola Monitoreo basado en soluciones IoT <i>eCommerce</i>
Smart energy	Sistemas de gestión inteligente <i>eCommerce</i> Sistemas en hogares
Servicios financieros inclusivos	Servicios de <i>Cloud</i> para FSI Servicios innovadores
Servicios beneficiosos para los ciudadanos	Innovación en servicios de Gobierno Servicios médicos <i>online</i> Servicios <i>online</i> de atención a ancianos Servicios educativos <i>online</i>
Logística	Plataformas de información Almacenamiento inteligente Sistemas de gestión y envío inteligente
eCommerce	Desarrollo del mercado online de productos agrícolas Plataformas de comercio digital por verticales Desarrollo del mercado de exportación e importación
Transporte	Integración de inform. entre Gov. y proveedores para la mejora de serv de transporte Sistemas de información
Ecosistema verde	Encuestas <i>online</i> sobre medioambiente y recursos naturales Monitorización de la contaminación Sistemas basados en IoT para el reciclaje de basura
Inteligencia artificial	Desarrollo de tecnologías innovadoras en inteligencia artificial Aplicación de la IA en los distintos sectores económicos Aplicación en dispositivos y maquinaria

Tabla 7. Prioridades en la iniciativa Internet+ en China²³¹

²³¹ Fuente: China “Internet Plus” Initiative Propels Digital Transformation of 11 Industries – 2015 - Gartner

INDUSTRIA 4.0 EN EEUU

La posición de liderazgo en el sector manufacturero de Estados Unidos está comprometida, debido a que hay otras naciones que están invirtiendo con fuerza en innovación y digitalización dentro del sector industrial. Como medida para evitar esta pérdida de liderazgo Estados Unidos lanzó en 2010, bajo el nombre de *Advanced Manufacturing*, un programa para la digitalización de su sector industrial.

Los principales objetivos que han causado el lanzamiento de esta iniciativa, según el National Institute of Standards and Technology²³² del US Department of Commerce (principal precursor de la iniciativa), son:

- **La creación de un ecosistema fértil para la innovación en EEUU**
 - Alineación de las empresas del sector para localizar actividades industriales innovadoras mediante políticas de empresas y de negocio.
 - Apoyo a la creación de institutos para disponer de centros de investigación robustos.
 - Consecución de una base de personal cualificado, a través de políticas que cultiven y atraigan talento, tanto interior como exterior, altamente cualificado.
- **Inversión para asegurar que las tecnologías más innovadoras, que puedan causar un efecto disruptivo en los mercados, se desarrollen en los Estados Unidos**
 - Apoyo a programas de investigación sobre las tecnologías más prometedoras en el sector industrial.
 - Invertir en sociedades públicas y privadas con el fin de desarrollar tecnologías de amplio rango de aplicación y tengan potencial para mejorar el sector de manufacturas.
 - Diseño y desarrollo de metodologías que mejoren los tiempos de producción y reduzcan las barreras para la comercialización de productos.
 - Inversión en infraestructura tecnológica compartida que ayude a las compañías estadounidenses a mejorar su actividad dentro del sector industrial.

²³² Fuente: The US Advanced Manufacturing Initiative – Federal Resources and Opportunities for Public/Private Partnerships - https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/2017/04/28/Molnar_091211.pdf

6.2 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA EL DESARROLLO DE OTROS SECTORES DE INTERÉS

A continuación, se analizan las mejores prácticas en políticas públicas en los sectores sanitario, turístico y agrícola, todos ellos de gran relevancia en la región.

6.2.1 Sector sanitario

Las soluciones *eHealth* muestran un gran potencial como futuras herramientas en el ámbito sanitario. Sin embargo, políticas y regulación deben ajustarse para que este tipo de soluciones puedan desarrollar todo su potencial.

Se están adoptando numerosas políticas para la inclusión de los servicios *eHealth* a nivel global, pero debe tenerse en cuenta que la adopción de este tipo de soluciones será lenta, debido a que es necesario invertir grandes esfuerzos en lograr que los hospitales y los centros sanitarios empleen nuevas herramientas de comunicación, adopten procesos tecnológicos novedosos e innovadores y sean conscientes de la importancia de la privacidad y de la protección de datos, además, y no menos importante, de disponer de banda ancha que permita la transmisión eficaz de datos generados por los servicios que se consideren necesarios.



Figura 126. Agentes implicados en soluciones *eHealth*

Uno de los retos fundamentales en la implantación de soluciones *eHealth* consiste en alinear los intereses de todos los agentes implicados en el sector sanitario.

EEUU: DIGITALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN EL SISTEMA SANITARIO

Estados Unidos representa un ejemplo digitalización del sector sanitario desde la administración central, logrando la colaboración entre los principales agentes de la cadena de valor nacional.

El Congreso estadounidense aprobó una serie de medidas, concentradas en *American Recovery and Reinvestment Act of 2009*, entre las cuales se encuentra el HITECH Act (*Health Information Technology for Economic and Clinical Act*), conocido como HITECH Act²³³.

El HITECH Act proporcionó al departamento de Salud y Servicios Humanos (HHS) la autoridad para establecer programas para mejorar la calidad en el cuidado de la salud, administrar la seguridad y la eficiencia a través de la promoción de las TIC, incluyendo la gestión del Registro Electrónico de Salud (EHR). Entre sus nuevas competencias, también se encontraba la posibilidad de homologar dispositivos y aplicaciones que cumpliesen con los estándares de calidad que el HHS hubiese establecido.

Con el HITECH Act, se proporcionó un marco regulatorio para que los profesionales del sector salud (médicos, enfermeros, etc.) y los hospitales pudiesen recibir incentivos económicos para adoptar y usar eficientemente el Registro Electrónico de Salud. De la misma manera, se penalizó a los profesionales que no seguían el programa: se estableció un impuesto del 1% del salario a los médicos, el cual se incrementaría un 1% anualmente hasta un máximo del 3% si no cumplían con los objetivos establecidos.

El objetivo del HITECH Act no sólo era el de impulsar las nuevas tecnologías eHealth desde el lado de la oferta, dotando a hospitales y médicos con las habilidades y herramientas informáticas necesarias para digitalizar toda la información de los pacientes y poder compartirla de forma segura y protegida. Su objetivo también buscaba estructurar toda la información sanitaria de Estados Unidos. La información sobre pacientes, fármacos y alergias quedó estandarizada para poderse usar para otros fines. Una vez que estos agentes organizaran la información de sus pacientes, de forma que se pudiese compartir y actualizar de forma eficiente, el sector IT podría innovar desarrollando dispositivos y soluciones que, basándose en la información previamente estandarizada, creasen nuevos productos y servicios.

En resumen, el caso de Estados Unidos muestra la importancia que tiene disponer de un sistema sanitario digitalizado y estandarizado, donde la información se gestiona mediante el Registro Electrónico de Salud y la seguridad y protección de los datos es una prioridad. La estrategia de EEUU busca compatibilizar la información de los profesionales médicos y los hospitales con el sector IT.

COREA DEL SUR: DIGITALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN EL SISTEMA SANITARIO

El término *U-Health* (*Ubiquitous Health*) engloba todas las aplicaciones que pueden proporcionar asistencia sanitaria a las personas en cualquier lugar y en cualquier momento a través tecnologías innovadoras como el IoT.

²³³ Fuente: https://www.healthit.gov/sites/default/files/hitech_act_excerpt_from_arra_with_index.pdf

En 2003, el Ministerio de Información y Comunicación coreano anunció una política para estimular y revitalizar la tecnología de ubicuidad entre las instituciones gubernamentales. Los proyectos de estímulo de la ubicuidad se denominaron 'Build u-Korea Project'²³⁴ y 'Ubiquitous Oriented Appliance Solutions Technology Development Project'²³⁵. Entre otros aspectos, **la salud estaba considerada como un pilar fundamental a desarrollar en estas estrategias.**

A partir de dichas estrategias, tanto el sector privado como el público empezaron a invertir en las áreas básicas para el desarrollo de la ubicuidad; se desarrolló la red inalámbrica, la red backbone, se crearon plataformas de aplicaciones y se desarrollaron soluciones en forma de servicio y contenidos, entre los cuales la aplicación de la salud fue considerada como una de las principales soluciones.

- Las políticas del Ministerio se pueden dividir en dos épocas: antes y después de 2008. Antes de 2008, el Ministerio se centró en la construcción de la estructura de salud electrónica, incluyendo la normalización de los registros electrónicos de salud (EHR), y la organización de la información de la salud pública, y la ejecución de algunos proyectos piloto en cooperación con otros organismos.
- Después de 2008, se realizó un esfuerzo especial en iniciar proyectos relacionados *U-Health*. Los modelos de negocio teóricos del *U-Health* aún no son completamente compatibles con la normativa sobre salud coreana, aspecto que dificulta la aparición de nuevas aplicaciones. Pero, en definitiva, Corea representa un ejemplo de adaptación a tecnologías innovadoras en el sector sanitario.

6.2.2 Sector turístico

Entre las nuevas tendencias en el sector turístico destacan el desarrollo de aplicaciones móviles que favorezcan el *eCommerce*, el desarrollo del IoT-T (Internet de las Cosas en el Turismo) y la implantación de tecnologías para la generación, captura y análisis de los datos que reflejan el comportamiento, las preferencias y los movimientos de los turistas.

Desde el punto de vista de los gobiernos, acelerar y garantizar la adopción de nuevas tecnologías es un elemento clave para el crecimiento económico de este sector y, por tanto, las políticas públicas deben ser capaces de abordarlo correctamente.

COMISIÓN EUROPEA: PLATAFORMA DE PROMOCIÓN DEL SECTOR TURÍSTICO Y WATIFY

A nivel europeo, la Comisión Europea ha establecido una serie de políticas públicas que han servido para estimular la capacidad de innovación y digitalización de las pymes en el sector,

²³⁴ Fuente: Sustainable Urban and Regional Infrastructure Development: Technologies, Applications and Management

²³⁵ Fuente: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548153/>

situando tecnologías disruptivas, como el IoT, como elementos esenciales para el progreso a nivel turístico de la región²³⁶.

La más destacada es la creación de una plataforma de promoción del sector turístico que ha llevado a cabo iniciativas como:



Figura 127. Iniciativas para la digitalización del sector turístico

- **Live events on digital tourism:** son una serie de seminarios diseñados para proporcionar orientación sobre cuestiones digitales para pequeñas y medianas empresas (PYME) en la industria del turismo. Dirigido por expertos de la industria, los seminarios *web* examinan las tendencias recientes en el uso de la tecnología de los turistas para descubrir, planificar y compartir sus experiencias de viaje. En estos seminarios se tratan temas de estrategia de marketing digital, reputación en línea y el uso de las redes sociales y m-turismo (uso de teléfonos inteligentes a través de toda la experiencia del cliente).
- **Digital Tourism Network:** se ha desarrollado una red que servirá como foro para intercambiar ideas sobre los desafíos y oportunidades para las empresas turísticas digitales, tales como la fragmentación normativa, garantizando la igualdad de condiciones, *Big Data* y el acceso a la tecnología, como punto de contacto para sus respectivas redes, incluyendo, por ejemplo, proveedores de tecnología, los proveedores de servicios turísticos tradicionales; como medio para ayudar a formar nuevas acciones destinadas a aumentar la absorción de las tecnologías digitales en el sector del turismo y mejorar la inclusión de las PYMEs en la cadena de valor digital en el mundo.

²³⁶ Fuente: <https://ec.europa.eu/growth/sectors/tourism/support-business/digital/>

- ***Tourism Business Portal:*** es un portal para mejorar el establecimiento, gestión, promoción y expansión de las empresas. Incluye artículos, tutoriales, herramientas en línea, y enlaces a las mejores prácticas para ayudar a los empresarios a aprender acerca de la gestión de un negocio de turismo en la era digital.

Adicionalmente, a la plataforma de promoción del sector turístico, la Comisión Europea ha llevado a cabo el proyecto **Watify**²³⁷. Este proyecto tiene como objetivo ayudar a la expansión de *start-ups* turísticas a través de promoción de casos de éxito y la respuesta a emprendedores dubitativos. Su filosofía se basa en que los emprendedores compartan cómo superaron y resolvieron sus dudas al comenzar un negocio digital o al digitalizar el suyo para aplicarlo luego al sector turístico.

El proyecto, que se presenta como una plataforma, trata de proporcionar a los emprendedores todas las herramientas y respuestas que necesitan para perder el miedo a dar el salto al terreno digital, permitiéndoles entre otras cosas, ponerse en contacto con emprendedores y fundadores de otras *start-ups* que han sabido superar con éxito los principales obstáculos que se han encontrado en el camino.

ESPAÑA: EMPRENDETUR Y THINKTUR, IMPULSO A LA DIGITALIZACIÓN DEL SECTOR

El sector turístico ocupa un papel muy relevante en la economía española, agrupando más del 10% del PIB²³⁸. Conscientes de ello, las políticas de promoción de desarrollo del sector son numerosas y le han permitido ocupar la primera posición en el ranking del World Economic Forum (WEF) de Competitividad del sector.

La Sociedad Estatal para la Gestión de la Innovación y las Tecnologías Turísticas, S.A. (SEGITTUR), dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y adscrita a la Secretaría de Estado de Turismo, es la responsable de impulsar la innovación (I+D+i) en el sector turístico español, tanto en el sector público (nuevos modelos y canales de promoción, gestión y creación de destinos inteligentes, etc.) como en el sector privado (apoyo a emprendedores, nuevos modelos de gestión sostenible y más competitivos, exportación de tecnología española).

Entre las iniciativas en el sector (desarrolladas dentro del Plan Nacional e Integral de Turismo) se encuentra el programa **Emprendetur**²³⁹, cuyo objetivo es apoyar la investigación, el desarrollo y la innovación aplicada a productos y servicios del sector turístico a través de líneas de crédito para jóvenes emprendedores en turismo y un programa de emprendedores innovadores turísticos con las siguientes medidas dentro del Plan Nacional 2012-2015 ya implementadas²⁴⁰.

²³⁷ Fuente: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/watify/about-watify>

²³⁸ Fuente: Plan Nacional e Integral de Turismo 2012-2015

²³⁹ Fuente: <http://www.minetad.gob.es/PortalAyudas/EmprendeturJovenes/Paginas/Index.aspx>

²⁴⁰ Fuente: Plan Nacional e Integral de Turismo, Informe final. Diciembre 2015.

- Definición e implantación del servicio de crédito a emprendedores
- Establecimiento de una red de cooperación para la promoción del emprendimiento en turismo
- Acuerdos con universidades y escuelas de negocio en España
- Potenciación de la formación y las capacidades de emprendedores a través de la Escuela de Organización Industrial
- Apoyo en la búsqueda de inversores formales
- Creación de un fondo de capital para financiar el lanzamiento de proyectos innovadores de jóvenes al que se suma un programa de comunicación y difusión.

El programa Emprendetur, nacido en el marco del Plan Nacional e Integral de Turismo 2012-2015, mantiene su vigencia. En 2016, la línea de financiación Emprendetur dispone de 45M€ destinados a financiar proyectos de empresas que introduzcan la innovación en el sector. Entre los tipos de proyectos que se pueden presentar se incluyen investigación en nuevos materiales, eficiencia energética o innovación en soluciones tecnológicas aplicadas al turismo.

En relación a las características del préstamo, éstos financian la realización de proyectos o actuaciones en un plazo máximo de ejecución de dos años, tienen 5 años de plazo de amortización, un periodo máximo de carencia de dos años, un tipo de interés fijo del 0,54%, una financiación máxima de hasta el 75% del coste financiable del proyecto, con el límite de 1 millón de euros, y sin superar el patrimonio neto acreditado por la empresa²⁴¹.

Thinktur²⁴² es un foro para la compartición de información y conocimientos sobre la aplicación de la tecnología y la innovación para resolver los problemas reales y concretos del sector turístico. La plataforma financiada principalmente a través de subvenciones del Ministerio de turismo (43.000€ anuales) tiene como objetivos:

- Crear una red de alianzas estratégicas e intelectuales con instituciones referentes de I+D+i españolas.
- Definición de la estrategia y elaboración de la Agenda Estratégica de Investigación.
- Impulsar acciones de formación y capacitación del sector
- Incentivar la participación de las empresas turísticas, sobre todo las pymes, en proyectos de I+D+i
- Colaborar con las Administraciones Públicas y asesorarlas acerca de las principales líneas y prioridades tecnológicas de investigación que interesan al turismo.
- Generación de proyectos y traslado al mercado.

²⁴¹ Fuente: SEGITUR. <http://www.segittur.es/es/innpulsa-turismo/>

²⁴² Fuente: <http://www.thinktur.org/>

ALEMANIA: APOYO A EMPRENDEDORES QUE APUESTEN POR LA DIGITALIZACIÓN

Alemania, país puntero en la digitalización de sectores como la industria, como se ha visto anteriormente, también realiza una fuerte apuesta por la digitalización del sector turístico.

Un ejemplo de ello es la iniciativa *Berlin start-up award for Digital Tourism* que busca premiar aplicaciones innovadoras y creativas que creen valor añadido sostenible para el turismo de Berlín y se centren en visitantes de los principales mercados internacionales en crecimiento.

Los premios se encuentran entre los 20.000-50.000€, pero los proyectos con las mejores ideas no sólo reciben un premio económico, sino que también reciben acceso al programa *Axel Springer Plug and Play Accelerator*, cuyo objetivo es ayudar a aquellas ideas prometedoras para el sector en su desarrollo. A su vez, en las sesiones de *pitching*²⁴³, todos los candidatos tienen la oportunidad de presentar sus proyectos en la feria de turismo, ITB, de Berlín. Por tanto, entre los beneficios de la iniciativa se encuentran la promoción de la digitalización en el sector a través de eventos de marketing, el desarrollo de soluciones innovadoras, las cuales reciben posterior financiación y formación para su crecimiento, y la recopilación de ideas e identificación del mercado existente. Se trata de iniciativas con impacto en el segmento de *start-ups* y emprendedores, que a su vez promueven la digitalización de sectores clave en la economía de la ciudad de Berlín.

EEUU: FINANCIACIÓN A LA INNOVACIÓN TURÍSTICA

Fuera de Europa, en Estados Unidos (más concretamente en el Estado de Montana) se ha lanzado la iniciativa *Tourism Digital Development Grant*²⁴⁴, que premia y financia, mediante un fondo de subvención, proyectos que fortalezcan la economía del Estado a través del desarrollo de infraestructuras digitales del sector turístico. Algunas de las características de este programa son:

- El fondo de subvención es de 1 millón de dólares
- Las solicitudes son evaluadas y entran en un programa de clasificación eliminatoria. En caso de ser denegada la propuesta, se quedará fuera de la participación
- El programa de becas no está destinado a ser una fuente de financiación recurrente
- No podrán optar agencias estatales o federales

El premio da preferencia a aquellos proyectos identificados como habilitadores clave para el desarrollo del sector en el ámbito digital, llevados a cabo por profesionales de una comunidad, que se estén llevando a cabo en colaboración con el Departamento de Comercio de Montana. Los beneficiarios de las subvenciones exitosas entran en un contrato de 12 meses con MTOT²⁴⁵.

²⁴³ Término usado para hacer referencia a un discurso, en el que el responsable de una idea de negocio o nueva empresa intenta convencer a un comité, incubadora, patrocinador o posible socio a colaborar con su proyecto.

²⁴⁴ Fuente: <http://marketmt.com/grants>

²⁴⁵ Fuente:

<https://tourism.mt.gov/Portals/92/shared/docs/pdf/Tourism%20Digital%20Development%20Overview.pdf>

6.2.3 Sector agrícola

Digitalizar el sector agrícola es otro de los objetivos marcados dentro del ecosistema IoT. La aplicación de nuevas tecnologías en la agricultura, permite mejoras de eficiencia considerables dentro de las prácticas tradicionales y, más allá de suponer una mejora económica para muchas regiones sustentadas por la agricultura, puede mejorar la calidad de vida en muchas sociedades.

UNIÓN EUROPEA: E-AGRICULTURE COMO OBJETIVO

Bajo el paraguas del Horizonte 2020²⁴⁶ de la Unión Europea, se han desarrollado varias plataformas de compartición de información de las mejores prácticas entre los distintos agentes del ecosistema. Éstas se enfocan en distintos aspectos abordados dentro del sector agrícola²⁴⁷:

- **AD4F:** toma de decisión en granjas lecheras en base a información proporcionada por sensores y datos.
- **AgriSPIN:** Sistemas para la AGRIFORVALOR: aumentar el valor de la biomasa, producción sostenible, el almacenamiento de fruta, la minimización de residuos y el desarrollo de cultivos.
- **EuroDairy:** mejores prácticas en granjas lecheras para incrementar la eficiencia, biodiversidad, el cuidado del animal, etc.
- **FERTINNOWA:** gestión inteligente del agua.

De acuerdo a dicho programa, las ganancias en productividad en los países desarrollados deben tener en cuenta una combinación de innovación, aplicaciones y soluciones digitales y capacitación para que se desarrollen.

ASIA-PACÍFICO: FORTALECIMIENTO DEL ENTORNO DE LA E-AGRICULTURA

Este proyecto, de FAO (Food and Agriculture Organization) de las Naciones Unidas²⁴⁸, aborda los desafíos que impiden el despliegue de TIC apropiadas para soluciones de desarrollo agrícola a gran escala, en la región de Asia-Pacífico. El proyecto tiene como objetivos:

- Proporcionar apoyo a los gobiernos de distintos países de la región, para que ejecuten sus planes nacionales de e-Agricultura
- Acercar a estos países nuevas tecnologías (como IoT), que permitan el desarrollo de soluciones más completas.

Los países que se incluyen en este proyecto son: Filipinas, Papua Nueva Guinea, Fiji, Sri Lanka y Bután.

²⁴⁶ Fuente: <https://eshorizonte2020.es/>

²⁴⁷ Fuente: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_brochure_thematic_networks_2016_en_web.pdf

²⁴⁸ Fuente: <http://www.fao.org/in-action/e-agriculture-strategy-guide/activities/ict-mediated-agricultural-solutions-in-asia-pacific/en/>

AMÉRICA LATINA: DIGITALIZACIÓN DE LA AGRICULTURA COMO IMPULSO AL CRECIMIENTO

La digitalización del sector agrícola traerá consigo una importante mejora en la producción, lo cual redundará en una mejora en la vida de las comunidades rurales. Mejorar la producción, mediante nuevos modelos de negocio y una agricultura más innovadora, es especialmente importante en la región de América Latina, donde la contribución del sector es en muchos casos muy superior a la media de los países de la OCDE.

FAO e UIT²⁴⁹ estiman que es necesario un enfoque gubernamental, a nivel nacional, para el desarrollo de la e-Agricultura, que garantice que todos los agentes que componen el sector agrícola en cada país, alineen sus estrategias.

Además, la estrategia de e-Agricultura debe abordar el problema de acceso a las TIC que representa el principal obstáculo para la adopción de herramientas tecnológicas en algunas zonas de la región latinoamericana.

Como ejemplo de solución de e-Agricultura pionera en América Latina, se presenta el proyecto Smart Water Managment Platform (SWAMP)²⁵⁰, desarrollado entre Brasil y la Unión Europea. Este proyecto se basa en la creación de una plataforma de gestión inteligente del agua para riegos de precisión y se implantará en dos proyectos piloto en regiones del Sureste y Noreste de Brasil.

La plataforma, que integrará herramientas y aplicaciones de gestión enfocadas al uso racional del agua, busca proporcionar al agricultor un mapa diario de recomendación dinámica, de acuerdo con un conjunto de informaciones en tiempo real del clima, suelo, condiciones de cultivo, así como niveles y calidad de los sistemas de suministro y distribución de agua del campo.

La plataforma SWAMP, que arrancó en diciembre de 2017, cuenta con un plazo de ejecución de tres años y contempla recursos del orden de 1.5 millones de euros para las instituciones brasileñas.

²⁴⁹ FAO e ITU (2016) *E-Agriculture Strategy Guide. Piloted in Asia-Pacific countries*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5564e.pdf>

²⁵⁰ Fuente: MediaTelecom: <http://mediatelecom.com.mx/index.php/agencia-informativa/agencia-tecnologia/item/143341-brasil-desarrollar%C3%A1-plataforma-iot-para-riego-inteligente-del-agua>



7 Revisión de aspectos regulatorios para el desarrollo del IoT en el ecosistema digital en la región

El IoT presenta una arquitectura compleja cuyo desarrollo resultará de la iteración de las áreas tecnológica y regulatoria. Existe un gran número de *stakeholders* (actores) con intereses en ambas áreas que, mediante un trabajo conjunto, deben identificar aquellos aspectos regulatorios que no frenen la naturaleza innovadora del IoT²⁵¹.

Según Machina Research²⁵², la región de América Latina presentará una tasa de crecimiento anual de IoT del 26,95% en el periodo comprendido entre 2014 y 2024.

Durante este periodo el número de conexiones IoT pasará de 14,6 millones a 160 millones en la región. Este espectacular crecimiento debe estar correctamente regulado para desarrollarse de forma adecuada. La reasignación de los recursos disponibles: espectrales, de identificación, etc...; así como unas adecuadas políticas regulatorias en términos de privacidad de datos, seguridad e impuestos; resultan un factor clave para favorecer la evolución de una tecnología que ofrecerá enormes oportunidades dentro de la región.

A continuación, se analizan algunos de los aspectos relacionados con la regulación sobre IoT.

7.2 PROTECCIÓN DE DATOS Y PRIVACIDAD

Cualquier sistema de IoT tiene como base la recopilación de información sobre el funcionamiento o estado de un dispositivo o un área. Aplicado al edificio inteligente, recopilamos los datos de cuando están los usuarios en la sala y cuántos son, las frecuencias y rutinas asociadas, la temperatura y humedad, la frecuencia de encendido y apagado de luces, las imágenes y videos de vigilancia de la misma... Más allá de aspectos asociados a la seguridad de la red (quién controla la ejecución de acciones por parte de los dispositivos en la sala – por ejemplo el encendido de luces, la puesta en marcha de las cámaras de video o el encendido de los sistemas de alarma-), hay que delimitar quién tiene derecho a acceder y hacer uso de la información recopilada. En este sentido, nos parece evidente que la empresa fabricante de las cámaras de video no debe tener acceso a las imágenes que estas generan, pero ¿y una empresa fabricante de dispositivos de salud y los datos del usuario?

Un aspecto esencial a considerar dentro del ecosistema IoT es la protección y privacidad de los datos personales. Entendiendo privacidad como capacidad de ocultar la información personal y controlar lo que sucede con ella.

En muchos casos, los usuarios de servicios IoT no saben que sus datos están siendo almacenados, incluso pueden llegar a perder el control de los mismos. Con la gran cantidad de datos generados por los servicios IoT, sería posible generar un perfil de una persona determinada. Una desprotección de esta información, puede llevar a una infracción en la privacidad.

²⁵¹ Fuente: Internet de las Cosas en América Latina – Actualización 2016 – 5G Americas

²⁵² Fuente: <https://www.the-emag.com/theitmag/blog/cual-es-la-posicion-de-mexico-y-latinoamerica-en-el-iot-global>

La falta de privacidad puede dar lugar a desconfianza por parte de los usuarios, lo que supondría un freno para la evolución del ecosistema IoT. Es por ello, que la protección de los datos personales, generados por los servicios IoT, es fundamental más allá del ámbito estrictamente legal. BEREC²⁵³ apunta que es necesario alcanzar un compromiso entre la necesidad de recolectar y procesar datos por parte de los proveedores de servicios IoT y la garantía de un nivel de privacidad apropiado. De acuerdo con el informe de Rolf H Webber, existen cuatro requerimientos básicos para garantizar la seguridad de los datos personales y la privacidad del ecosistema IoT:

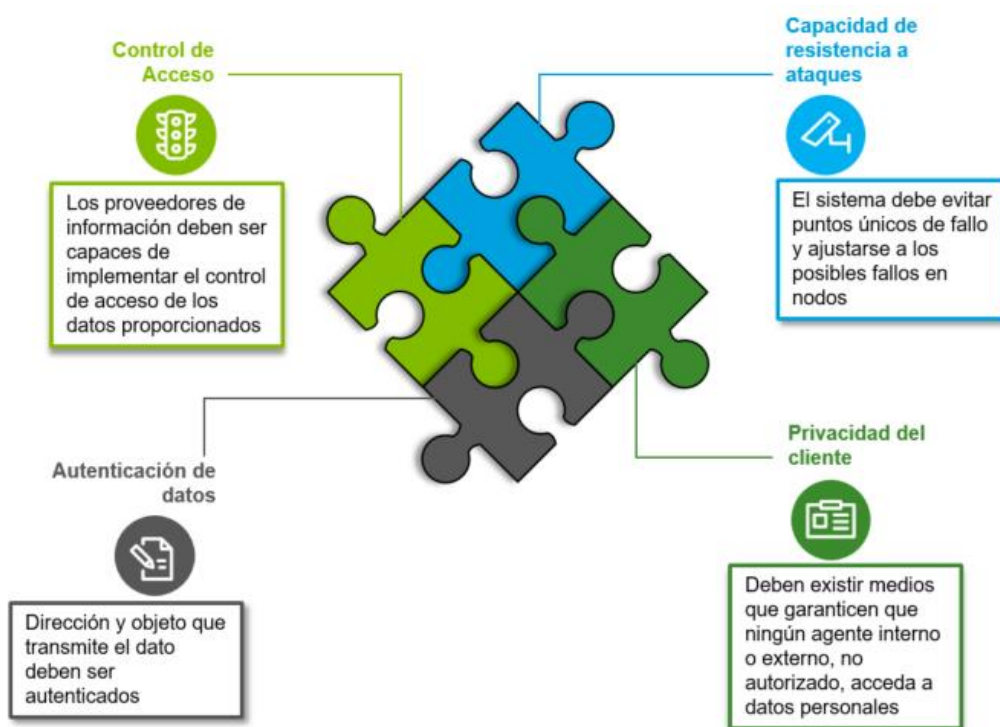


Figura 128. Requerimientos para asegurar la seguridad de datos personales²⁵⁴

7.2.1 Marco Unión Europea

Antes de comenzar el estudio acerca de la situación en la que se encuentra la protección de datos y privacidad en América Latina, es necesario revisar la situación actual y el futuro cercano de esta materia en la Unión Europea, debido a que los reglamentos europeos pueden servir de referencia para desarrollar una regulación común para los diferentes países de América Latina.

La Unión Europea se encuentra en un proceso de renovación legislativa gracias al Reglamento General de Protección de Datos (RGPD)²⁵⁵, que será de obligado cumplimiento a partir del 25

²⁵³ Fuente: BEREC report: Enabling the Internet of Things. 12 de febrero de 2016

²⁵⁴ Fuente: Internet of Things – New security and privacy challenges. Rolf H. Webber

²⁵⁵ Fuente: Reglamento General de Protección de Datos:

http://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/legislacion/union_europea/reglamentos/common/pdfs

de mayo de 2018 y modernizará las directrices en cuanto a privacidad y protección de datos, adecuándolas a las nuevas soluciones tecnológicas existentes. Hasta que el RGPD sea de obligado cumplimiento a lo largo de la Unión Europea, en lo que respecta a los datos personales recogidos y compartidos en el contexto de los servicios de IoT, en los Estados miembros se aplican dos conjuntos de directivas diferentes²⁵⁶:

- El marco legal general pertinente a la Unión Europea, compuesto por la Directiva 95/46/EC, (Privacy Directive) que sirve para evaluar cuestiones relativas a la privacidad y protección de datos.
- Las disposiciones específicas de la Directiva 2002/58/CE, modificada por la Directiva 2009/136/CE, que se aplican al tratamiento de datos personales en relación con la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas en las redes públicas de comunicación de la Comunidad (ePrivacy Directive).

La jurisdicción y la competencia jurídica para hacer cumplir estas disposiciones se han aplicado de diferentes maneras entre los Estados miembros. Las normas generales de la Directiva son competencia de las autoridades nacionales de protección de datos, mientras que la competencia jurídica para hacer cumplir las disposiciones específicas es compartida entre autoridades nacionales de protección de datos y ministerios nacionales en algunos de los estados de la UE.

Contrariamente a la Directiva sobre la privacidad, las normas de la Directiva sobre privacidad electrónica no sólo se aplican a los datos personales de los particulares, sino a aquellos que prevén la protección de los intereses legítimos de las personas jurídicas. En el contexto del ecosistema IoT, esto significa que estas directivas específicas no solo protegen al usuario del servicio IoT, sino que también fomentan la protección del proveedor de servicios de conectividad. Para el resto de agentes que tratan datos personales, como los fabricantes de dispositivos o los controladores de la plataforma, dentro del ecosistema IoT, es aplicable la Directiva sobre la privacidad (o más bien la legislación nacional respectiva). No existen reglas específicas en estas dos directivas con respecto a los servicios de IoT. Las reglas, incluidas en estas dos directivas, que son aplicables dentro del contexto IoT, son:

- Limitación de propósito: los datos sólo pueden ser recogidos con propósitos específicos, explícitos y legítimos
- Información sobre procesamiento de datos
- Consentimiento de procesamiento de datos
- Medidas de seguridad
- Notificación obligatoria a las autoridades nacionales competentes en caso de incumplimientos con los datos personales
- Almacenamiento de la información en terminales
- Procesado de los datos de tráfico y localización

[/Reglamento UE 2016-679 Protección datos DOUE.pdf](#)

²⁵⁶ Fuente: BEREC report: Enabling the Internet of Things. 12 de febrero de 2016

Hasta ahora, no se había identificado la necesidad de desviarse de los principios básicos de la legislación sobre protección de datos en el contexto de IoT, es decir, no se había considerado la necesidad de un tratamiento especial de los servicios de IoT. Sin embargo, con la gran evolución del ecosistema podría ser conveniente considerar normas más adaptadas al entorno de IoT. Como se ha comentado anteriormente, un avance para modernizar el régimen jurídico de protección de datos es el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) cuyo objetivo es reforzar los derechos individuales de los ciudadanos y garantizar un alto nivel de protección. Con este Reglamento se pretende más facilidad para la transferencia de datos personales entre proveedores de servicios, información más detallada, el derecho a la eliminación de los datos personales y al "olvido", así como los límites al uso del "perfilado"²⁵⁷.

7.2.2 Escenario en América Latina

América Latina presenta una situación totalmente diferente a la vista en la Unión Europea. Cada país ha abordado la protección de datos y privacidad de una forma diferente.

SITUACIÓN ACTUAL

El marco legal de protección de datos ha sufrido modificaciones en los últimos años. Países como Argentina, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú y Uruguay han promulgado leyes generales. Sin embargo, países como Brasil o Venezuela siguen brindando protección con leyes sectoriales.



Figura 129. Situación regulatoria de la privacidad en LATAM²⁵⁸

²⁵⁷ Nota: Se entiende como perfilado de los usuarios a la actividad de creación de un perfil de un cliente con sus preferencias y patrones de comportamiento más habituales, obtenidas a partir de los datos que ofrece a la compañía de la que es cliente.

²⁵⁸ Fuente: IAPP: Data Protection laws in Latin America – an overview

Como se ha comentado anteriormente, y a la vista de la figura, es posible decir que Argentina y Costa Rica, seguidos de Colombia, Ecuador, México, Perú, Chile o Uruguay, son los países de la región que presentan regulaciones más avanzadas en cuanto a protección de datos.

Argentina cuenta con la Ley Federal de Protección de Datos de Carácter Personal que tiene como objetivo brindar protección general sobre los datos personales almacenados en archivos, registros, bases de datos y otras plataformas de procesamiento de datos, públicas o privadas, para garantizar el derecho a la privacidad y derechos correlacionados, como el honor, la imagen y la intimidad. El artículo 43 de la Constitución Federal también otorga a los individuos el derecho de acceso a la información almacenada en bases de datos públicas. En 2003, la Comisión Europea reconoció que Argentina proporciona un nivel adecuado de protección de acuerdo con la actual Directiva Europea de Protección de Datos. El país también cuenta con una Autoridad de Protección de Datos con poderes de ejecución.

Por su parte, **Costa Rica** tiene una Ley General de Protección de Datos Personales que permite garantizar sus derechos fundamentales respecto a privacidad y protección de datos personales.

Por otro lado, hay países en la región que deben mejorar en términos de privacidad, con el fin de hacerse atractivos para la implantación de soluciones IoT seguras. Brasil es el país que mejor representa esta necesidad de mejora.

Brasil, uno de los países más atractivos a nivel tecnológico para guiar la evolución del ecosistema IoT en la región, pero no dispone de una ley específica sobre protección de datos. Sí existen requerimientos referidos a la privacidad y protección en algunos de los textos legales del país como la Constitución, el Código Civil, el Código de Consumidor, la Ley de Acceso a la Información, el Código Electoral o el Acto de Telecomunicaciones, entre otros.

Sin embargo, desde hace años se está trabajando en una ley general de protección de datos para Brasil, influida por la protección de datos de la UE y el Reglamento General de Protección de Datos.

Por último, es necesario destacar el impacto de la regulación europea en el escenario latinoamericano. El obligatorio cumplimiento del RGPD, a partir de mayo de 2018, tiene impacto dentro de la región, debido a que dicho Reglamento establece que todas las empresas del mundo que cuenten con datos de clientes europeos, deben acogerse a su cumplimiento. Este factor puede ayudar a la homogeneización y armonización de las normas de privacidad y puede suponer un impulso para la adopción de un modelo similar al europeo en la región.

FUTURO DE LA PROTECCIÓN DE DATOS EN AMÉRICA LATINA

Si bien es cierto que, actualmente, cada país dispone de sus propios mecanismos para gestionar la protección y privacidad de datos personales, lo cierto es que todo apunta a que se está tratando de crear una normativa común sobre protección de datos, mediante organizaciones como la Red Iberoamericana de Protección de Datos (RIPD)²⁵⁹, de la que son miembros agencias de protección de datos y empresas públicas y privadas de: Andorra, Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, España, México, Perú, Portugal y Uruguay; y participan como observadores:

²⁵⁹ Fuente: <http://www.redipd.org/index-ides-idphp.php>

Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Paraguay, República Dominicana, OEA (Organización de Estados Americanos), FIAPP-EUROSOCIAL (Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas), la Unión Europea y Cabo Verde.

Esta organización realiza el intercambio de buenas prácticas entre sus miembros y ha materializado en una lista de “estándares de Protección de Datos Personales para los Estados Iberoamericanos”²⁶⁰, directrices a tener en cuenta a la hora de legislar.

Los Estados que conforman la región latinoamericana buscan una protección de datos eficiente y moderna y, por tanto, un modelo a seguir podría ser el RGPD europeo. El cumplimiento del mínimo europeo de protección de datos podría servir para atraer inversión a la región. Sin embargo, existen dificultades para la implantación de una normativa a nivel regional. Las principales barreras son: el coste y la heterogeneidad en el estado de las normativas de los diferentes países de la región.

7.2 SEGURIDAD

La enorme cantidad de datos generados por los dispositivos de IoT supone un gran reto en temas de seguridad. Sin unas adecuadas medidas, el crecimiento del entorno IoT será más complicado, con lo que el desarrollo de un marco de seguridad es tarea de todos los agentes involucrados en el ecosistema IoT.

Los ciberataques cada vez son más frecuentes hoy en día y el atractivo del mercado IoT lo sitúa como uno de los principales objetivos para recibir ataques a través de las redes.

Si bien es cierto que la seguridad en el entorno IoT se encuentra en sus primeras etapas, según ABI Research²⁶¹, el interés; tanto de agentes de mercado, como de organismos y grupos de estandarización; para el desarrollo de niveles de seguridad de dispositivos, redes y plataformas, es creciente. El mercado de seguridad sobre IoT representa una gran oportunidad para los diferentes proveedores.

7.2.1 Tecnologías de seguridad del IoT

A lo largo de esta sección, se expondrán las principales tecnologías a tener en cuenta dentro del entorno IoT, según un estudio realizado por Forrester²⁶². Cada una de las tecnologías de seguridad que se presentan puede emplearse de forma individual para cubrir vulnerabilidades de soluciones IoT, pero se entiende que la adopción de todas ellas generaría un ecosistema IoT más seguro y confiable.

²⁶⁰ Fuente: Estándares de protección de datos personales – Red Iberoamericana de Protección de Datos - https://www.agpd.es/portalwebAGPD/revista_prensa/revista_prensa/2017/notas_prensa/common/07_jul_17/Estandares_RIPD-AEPD.pdf

²⁶¹ Fuente: <https://www.abiresearch.com/press/booming-opportunities-iot-cybersecurity-more-100-v/>

²⁶² Fuente: TechRadar: Internet Of Things Security, Q1 2017 – Enero 2017 - Forrester

Antes de entrar en profundidad en las tecnologías seleccionadas es necesario conocer en base a qué se han seleccionado las mismas. Los tres pilares en los que se basa la selección de Forrester son:

- **Las mejores prácticas en seguridad en redes y dispositivos:** Se entiende que muchas de las tecnologías de seguridad aplicadas fuera del mundo IoT, son aplicables dentro del entorno IoT.
- **Amplio alcance para dar seguridad al IoT:** Antes de adoptar tecnologías especializadas para controlar todos los riesgos específicos a los que se exponen las diferentes soluciones IoT, es necesario desarrollar tecnologías de carácter más general que cumplan la mayor cantidad de requisitos de seguridad.
- **Innovación para conseguir nuevos criterios de seguridad:** Los proveedores han diseñado tecnologías novedosas que deben tenerse en cuenta, ya que añaden valor al escenario de seguridad IoT.

Una vez mostrados los pilares en los que se basa la selección de tecnologías propuesta, se muestran algunos de los requisitos establecidos para lograr un ecosistema IoT seguro y confiable:

- **Enfoque de extremo a extremo:** Es necesario proporcionar seguridad a lo largo de toda la arquitectura de una solución IoT, desde el dispositivo hasta el *back-end*.
- **La encriptación como obligación:** Privacidad y confidencialidad son requerimientos relevantes en cualquier solución IoT. Es por ello, que el uso de encriptación es necesario y agrega valor al ecosistema IoT.
- **Escalabilidad:** El número de dispositivos IoT y su continuo crecimiento agrega el requerimiento de escalabilidad a las tecnologías que proporcionen seguridad en el entorno.
- **Análisis de seguridad:** La gran cantidad de datos generados por las soluciones IoT aumentan el riesgo potencial de ciberataques. La pronta detección de ataques o falsas alarmas, la prevención, en definitiva, mediante análisis de seguridad es clave para el desarrollo del entorno IoT.
- **Estandarización:** Absolutamente necesaria para la armonización de los procesos de seguridad. Si bien es cierto que la necesidad de estandarización es innegable, este proceso requiere un tiempo de maduración y aún está en sus etapas iniciales. Posteriormente, se entrará en más detalle en la estandarización de la seguridad IoT.

A continuación, tras conocer los requisitos funcionales del entorno a la seguridad en IoT, se exponen las principales tecnologías emergentes²⁶³, que pueden agregar valor, en torno a la seguridad, en el ecosistema IoT:

²⁶³ Fuente: TechRadar: Internet Of Things Security, Q1 2017 – Enero 2017 - Forrester

- **Seguridad API IoT:** Aporta capacidad de autenticación y autorización de datos entre los dispositivos y los *back-ends* y aplicaciones del sistema IoT. Algunos proveedores impulsores de esta tecnología son: Akana, CA Technologies, MuleSoft y WS02, entre otros.
- **Blockchain IoT:** Se espera que esta tecnología proporcione relaciones de verificación entre dispositivos y aplicaciones IoT. IBM, Samsung o Arxan son proveedores que trabajan en el desarrollo de esta tecnología.
- **Device hardening:** Habilita la integridad en los dispositivos y en los datos generados por los mismos, mediante *firmware* seguro, entornos de ejecución de confianza o modificación binaria. Arxan, Gemalto o Intel impulsan esta tecnología.
- **Controles de privacidad de usuarios:** Controlan la gestión de datos de usuario por parte de los propios usuarios y terceras partes. IBM y Microsoft emplean esta tecnología.
- **Segmentación de las redes IoT:** Mediante la creación de zonas dentro de una red o el diseño de grupos de dispositivos, es posible ejecutar los controles de forma más eficiente y controlar las posibles infecciones dentro de las zonas y no a nivel de toda la red.
- **IoT PKI:** Proveen el certificado digital X.509, llaves criptográficas y capacidades de ciclo de vida. Supone un mecanismo de autenticación fiable. DigiCert, Gemalto o Symantec son algunos de los proveedores de esta tecnología.
- **Análisis de seguridad IoT:** Recolecta, analiza y monitoriza datos provenientes de dispositivos IoT y proporcionan la capacidad de alertar sobre actividades sospechosas. Algunos de los proveedores de tecnologías de análisis son: Cisco, Indegy, Kaspersky Lab o SAP.
- **Detección de amenazas:** Mediante esta tecnología es posible identificar ciberataques que comprometan la seguridad de las soluciones IoT. Detectar amenazas en sistema IoT es un desafío mayor que en un sistema convencional, debido a la gran cantidad de datos que estos sistemas manejan.

Todas las tecnologías citadas anteriormente, algunas de ellas ampliamente implementadas en otros ecosistemas más tradicionales, se encuentran en fases iniciales dentro del ecosistema IoT. Aún no están consolidadas, pero representan las mejores soluciones para proporcionar una base de seguridad.

Las tecnologías que se presentan, a continuación, ya están en fase de crecimiento (muy cerca de la fase de equilibrio) dentro del ecosistema. Su utilización está ampliamente extendida y han tenido un impacto considerable, mejorando la seguridad de las distintas soluciones IoT implementadas. Estas tecnologías son:

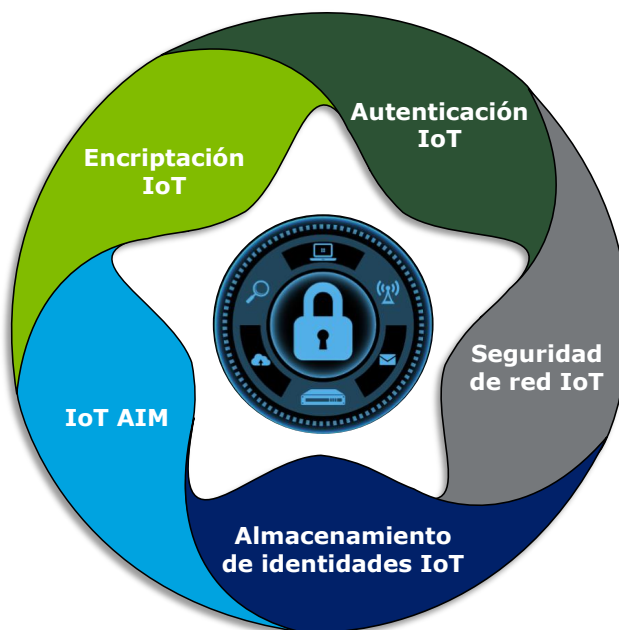


Figura 130. Tecnologías más desarrolladas en el ámbito de la seguridad IoT²⁶⁴

- **Autenticación IoT:** Proporcionan la capacidad de autenticación de los usuarios en dispositivos IoT, desde contraseñas simples hasta la certificación digital. Baimos, Covisint, Gemalto o Entrust Datacard son proveedores de tecnologías de autenticación.
- **Encriptación IoT:** La encriptación de contenidos entre dispositivos y back-end de las soluciones IoT es fundamental. Se utilizan estándares criptográficos y algoritmos de encriptación para proteger la información de la cadena IoT.
- **IoT IAM (Identity and Access Management):** Proporciona capacidades de ciclo de vida para proveer, registrar y eliminar dispositivos IoT y asociar identidades para proporcionar políticas de acceso sobre estos dispositivos.
- **Almacenamiento de identidades IoT:** Sirven como repositorio para almacenar información relevante de usuarios y dispositivos IoT, basados tradicionalmente en el estándar LDAP²⁶⁵ (Lightweight Directory Access Protocol).
- **Seguridad de red IoT:** Proporciona un amplio rango de capacidades de seguridad para proteger las redes sobre las que se sustentan las soluciones IoT. Algunas de estas capacidades son tradicionales, como el antivirus o el antimalware; y otras capacidades son más novedosas, como *firewalls* de prevención de intrusiones. Algunos proveedores en este espacio incluyen Bayshore Networks, Cisco Systems o Darktrace.

²⁶⁴ Fuente: TechRadar: Internet Of Things Security, Q1 2017 – Enero 2017 - Forrester

²⁶⁵ LDAP: Lightweight Directory Access Protocol, Protocolo Ligero/Simplificado de Acceso a Directorios

7.2.2 Estándares y especificaciones

Si bien es cierto que no existe un estándar de ciberseguridad para IoT, equivalente a los estándares de gestión de sistemas tradicionales, ya se han desarrollado especificaciones de seguridad reconocidas por cuerpos de estandarización internacionales.

Existen dos líneas de actuación, según ABI Research²⁶⁶, seguidas por los principales actores del ecosistema IoT, para el desarrollo de especificaciones de seguridad aplicada a IoT:

- **Evolución de normas existentes:** Utilizadas en otro tipo de soluciones. Es necesario entender que las normas empleadas por otros servicios no deben ser desechadas y son aprovechables en el ecosistema IoT, siempre y cuando se adecuen a los requerimientos de los servicios IoT (tiempo real, gran integridad, confidencialidad, etc.)
- **Nuevos estándares:** Directamente desarrollados para ser aplicados en las soluciones IoT

Algunas de estas especificaciones IoT relacionadas con aspectos de seguridad, clasificadas en base a su función, son:

- **Criptografía:** ISO/IEC 29192, SHA, AES
- **Seguridad crítica y funcional:** IEC 61010, IEC 61508, ISO 26262, ISO 13849
- **Autenticación:** OAuth, OTrP
- **Gestión de dispositivos:** OMA-DM, TR-069

Una gran parte de las organizaciones de estandarización han formado grupos de trabajo con el fin de tratar de integrar estas especificaciones en estándares, que permitan elevar el grado de homogeneización dentro de la seguridad del entorno IoT. A continuación, se presentan algunas de las mejores prácticas de las organizaciones de estandarización:

- **IETF** (Internet Engineering Task Force) dispone de varios grupos de trabajo relacionados con aspectos de seguridad IoT, además dispone de la auditoría de guías documentales y mejores prácticas en esta materia.
- **ISO** (International Organization for Standardization) **y** **IEC** (International Electrotechnical Commission) disponen de subcomités de técnicas de seguridad (ISO/IEC J TC1/S27).
- **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute) dispone de un comité de ciberseguridad (ETI TC CYBER) y de un comité que adapta especificaciones para abordar nuevos requisitos de IoT (ETSI TC SCP).
- **IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers) por su parte, dispone de más de 70 estándares diferentes relaciones con IoT. Su Comunidad Técnica de IoT, mediante la Norma P2413, trata de abordar la seguridad IoT.

²⁶⁶ Fuente: <https://www.abiresearch.com/market-research/product/1028096-iot-security-development-of-standards-guid/>

7.3 ESPECTRO

El espectro radioeléctrico es una pieza fundamental en el desarrollo de IoT, ya que las tecnologías que sustentarán la conectividad de los diferentes servicios IoT necesitarán la disponibilidad de parte del espectro radioeléctrico para llevar a cabo su función.

Según BEREC²⁶⁷, los requerimientos de los servicios IoT influirán en las tecnologías que los sustentan, lo que finalmente desembocará en requerimientos espectrales. Si realizamos una categorización de las tecnologías que sustentan los servicios IoT, en función del tipo de requerimientos espectrales tenemos:

- **Tecnologías licenciadas:** operan en bandas de espectro de acuerdo a recomendaciones de organizaciones de estandarización de ámbito internacional, en base a requerimientos establecidos por el 3GPP. Dentro de esta categoría se pueden encuadrar las tecnologías celulares como 2G, 3G, LTE y LTE-A; redes LPWA como NB-IoT y LTE-M y otras de diversos alcances como Zigbee o WiMAX.
- **Tecnologías propietarias:** se trata de estándares desarrollados por empresas privadas que basan sus servicios en el uso de espectro no licenciado. Estándares como Sigfox, LoRa o Ingenu son ejemplos de soluciones propietarias para redes LPWA que operan en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical). Por otro lado, se encuentran tecnologías que operan además en la banda de 5 GHz, cuyo rango de conectividad es corto, como Wi-Fi y Bluetooth.

Tecnología	Licencia	Espectro	Bandwidth
Sigfox	No	Banda ISM	100 kHz
LoRa	No	Banda ISM	125 kHz
Ingenu	No	Banda ISM en 2.4 GHz	1 MHz
LTE-M	Si	800/1800/2600 MHz	1 MHz
NB-IoT	Si	800/1800/2600 MHz	180 kHz
Wi-Fi	No	Banda ISM 1/2.4/5GHz	20 MHz
Zigbee	Si	900 MHz 2.4 GHz	-
Bluetooth	No	2.4 GHz	-
2G	Si	900/1800 MHz	200 kHz
3G	Si	900/2100MHz	1.25 MHz 5 MHz
LTE-A	Si	800/1800/2600 MHz	1.4 MHz (min) 20 MHz (máx)

Tabla 8. Comparativa de aspectos espectrales para las tecnologías de conectividad IoT²⁶⁸

²⁶⁷ Fuente: Enabling the Internet of Things – Febrero 2016 - BEREC

²⁶⁸ Fuente: Páginas webs de cada una de las tecnologías presentes en la tabla

Según GSMA²⁶⁹, las operadoras han invertido 1.200 millones de USD en los últimos seis años para adquirir nuevo espectro en la región de América Latina. Debido a esto, el porcentaje de espectro asignado a servicios móviles ha crecido en un 45% desde el año 2012. Este incremento es el resultado de las licitaciones de la banda de espectro 4G: AWS 1700-2100 MHz, 2,6 GHz y 700 MHz; en toda la región.

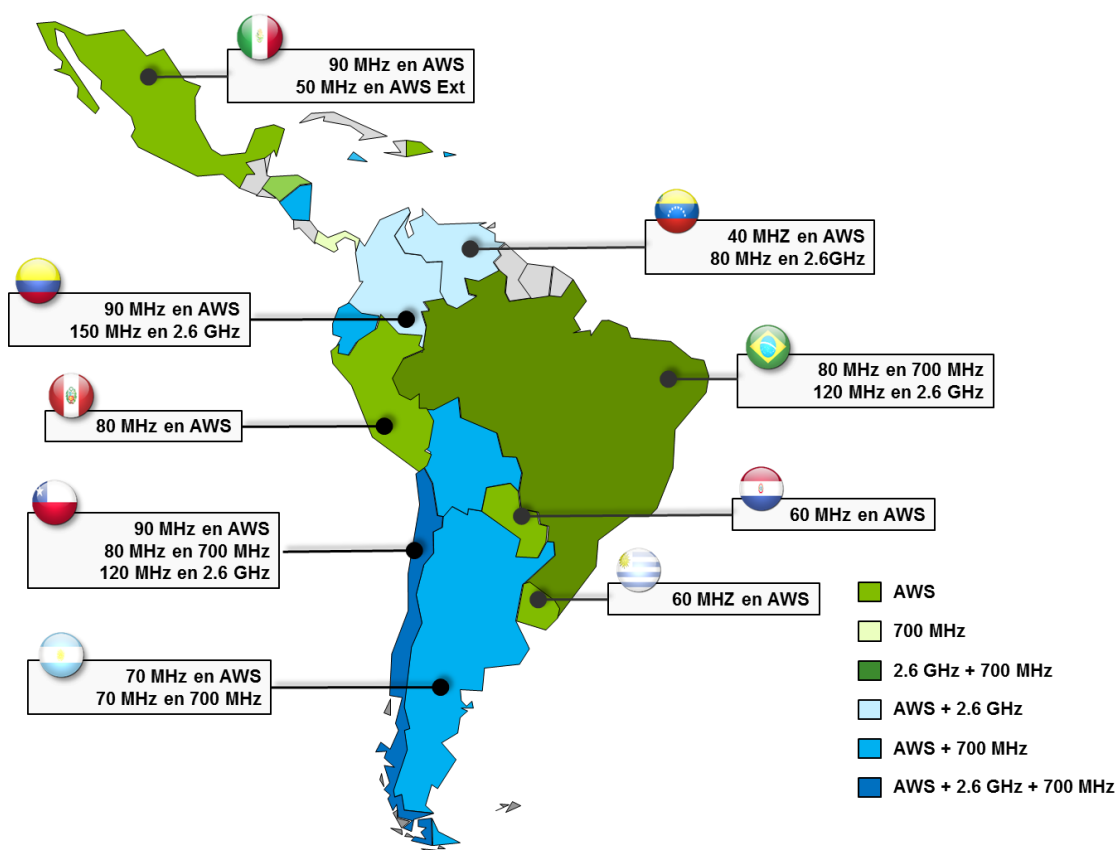


Figura 131. Espectro asignado en LATAM a servicios móviles²⁷⁰

A lo largo de los últimos años, la banda AWS, comprendida por frecuencias pareadas en 1700 MHz/2100 MHz se ha consolidado como la banda principal de 4G en América Latina, debido a su mayor capacidad de transmisión de datos y sus mejores condiciones en cuanto a calidad. A su vez, tras la liberación del **Dividendo Digital**, la banda de 700MHz puede reaprovecharse para albergar el futuro estándar 5G, pudiendo ofrecer de esta manera una mayor capacidad para que los servicios móviles hagan frente al crecimiento del tráfico suscitado por el creciente ecosistema IoT.

²⁶⁹ Fuente: Espectro en América Latina – Junio 2017 – GSMA

²⁷⁰ Fuente: Espectro en América Latina – Junio 2017 – GSMA

Figura 132. Asignación de espectro 4G en América Latina ²⁷¹

Si bien es cierto que la situación en cuanto a cantidad de espectro otorgado a servicios móviles en América Latina ha mejorado en los últimos años, la creciente demanda de datos por parte de usuarios y nuevos servicios hace que esta cantidad de espectro sea insuficiente. Actualmente, América Latina cuenta con 319MHz promedio asignados a servicios móviles (de los cuales 142 MHz corresponden a 4G) lo cual representa un 25,38% de los 1.300MHz recomendados por la ITU para el año 2015 y un 19,9% de los 1.720MHz recomendados para 2020²⁷².

El incremento de la cantidad de espectro es necesario para que la tecnología IoT continúe con su evolución en la región. Los reguladores regionales, así como las autoridades gubernamentales, deben tomar el mando para mejorar la situación. Brindar certidumbre respecto del marco regulatorio general y de las condiciones de renovación de las licencias es central para fomentar las fuertes inversiones necesarias para el despliegue y mantenimiento de las redes móviles.

Existen diversas bandas de espectro donde se han desarrollado soluciones tecnológicas IoT, algunas sobre espectro licenciado y otras sobre espectro no licenciado. En la mayoría de los países de la región las licencias tienen una duración de entre 15 y 20 años, siendo 17 el promedio regional. La licencia de una mayor cantidad de espectro favorecerá a una mayor seguridad de las aplicaciones IoT.

²⁷¹ Fuente: Espectro en América Latina – Junio 2017 – GSMA

²⁷² Fuente: Internet de las Cosas en América Latina – Actualización 2016 – 5G Americas

7.4 RECURSOS DE IDENTIFICACIÓN

A lo largo de esta sección, se tratará, desde un punto de vista regulatorio la situación actual y la tendencia de los identificadores para dispositivos IoT: números de teléfono y direcciones IP.

El rápido crecimiento del ecosistema IoT, puede conllevar la escasez de identificadores asociados a los dispositivos, con lo que la regulación asociada a la asignación de dichos identificadores resulta clave para la evolución de las soluciones IoT.

7.4.1 Numeración

En relación a los recursos de numeración, se tratan los siguientes aspectos, dentro del contexto IoT²⁷³:

- Tipos de números empleados en los servicios IoT
- Derecho a solicitar números, en particular códigos de redes móviles (MNC) para servicios que utilizan redes móviles
- Escasez de números
- Uso de números extraterritorialmente

TIPOS DE NÚMEROS UTILIZADOS POR SERVICIOS IoT

En la actualidad, existe un gran número de dispositivos IoT y se prevé que este número se incremente notablemente durante los próximos años. Debido a lo anterior, se necesitará una gran cantidad de identificadores para los dispositivos IoT. Con lo que la primera cuestión a plantearse es: ¿Qué tipo de identificadores son válidos para identificar dispositivos IoT dentro de una red pública?

En una red pública, en general, los siguientes números de teléfono, nacionales e internacionales podrían emplearse para el direccionamiento de los servicios IoT:

- Números nacionales E-164
- Números internacionales E.164 asignados por la UIT
- Identificador Nacional IMSI E.212 (*International Mobile Subscriber Identify*)
- IMSI E212 internacional con MNCs por debajo del MCC (Código Móvil del país) 901 asignado por la UIT

Desde las primeras etapas del desarrollo de los servicios de IoT, los proveedores de servicios de conectividad y los proveedores de servicios de IoT han utilizado rangos existentes de números

²⁷³ Fuente: Enabling the Internet of Things – Febrero 2016 - BEREC

E.164 nacionales (especialmente números móviles) y E.212, debido a la facilidad de implementación en las infraestructuras de red existentes.

Es probable que en el corto y mediano plazo se sigan empleando identificadores E.164 y/o E.212 para identificar dispositivos IoT.

DERECHO A SOLICITAR NÚMEROS

Con las normativas nacionales vigentes, la asignación de MNCs se limita a operadores de redes móviles y, en algunos países, a operadores de redes virtuales móviles (MVNO), debido a un compromiso de armonización dentro del UIT-T. Esto significa que muchos países no permiten la asignación de MNCs a usuarios de IoT.

Como ha señalado la CEPT²⁷⁴ (Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones), la presencia de nuevos actores del mercado provenientes del ecosistema IoT, puede sugerir la necesidad de una mayor flexibilidad en la asignación de MNCs, por parte de las Autoridades Regulatorias Nacionales. Sin embargo, la adopción de nuevas reglas que regulen los cesionarios de MNCs, incluyendo usuarios de IoT, puede conducir a la escasez de los números MNCs disponibles.

Por lo tanto, cada Autoridad Regulatoria Nacional es la responsable de adoptar medidas para administrar y asignar los MNCs de manera que no conduzca a su escasez.

ESCASEZ DE RECURSOS NUMÉRICOS

Como se ha comentado anteriormente, cada país debe garantizar la disponibilidad de recursos numéricos suficientes, tanto E.164 como E.212.

Bajo los planes de numeración actuales, BEREC²⁷⁵ indica que la posible escasez de recursos E.164 no parece ser el principal obstáculo para el desarrollo del IoT. Sin embargo, este problema potencial debe ser cuidadosamente analizado y resuelto por cada Autoridad Regulatoria Nacional.

Con respecto a los recursos del E.212, se dispone de suficientes IMSI (recursos individuales de números E.212), por cada MNCs están disponibles 10 billones de IMSIs.

Sin embargo, existe el riesgo de escasez de recursos E.212 debido a que, en la mayoría de los casos, sólo se dispone de 100 MNCs por país (MCC). En particular, la escasez podría convertirse en un problema si se flexibilizan las reglas de asignación de recursos del E.212 para tener en cuenta la presencia de nuevos actores en el mercado de IoT.

Las posibles soluciones que tratan de conciliar el objetivo de promover la competencia y prevenir la escasez de números se discuten en el Informe 212 de ECC, "Evolución en el uso de los códigos de red móvil E.212".

²⁷⁴ Fuente: Enabling the Internet of Things – Febrero 2016 - BEREC

²⁷⁵ Fuente: Enabling the Internet of Things – Febrero 2016 - BEREC

USO DE NÚMERO EXTRA-TERRITORIALES

BEREC²⁷⁶ expone en su estudio que actualmente no está claro si el uso extraterritorial de los números nacionales E.164 y E.212 es permisible en el contexto de la IoT. Si bien es cierto que las partes interesadas se muestran receptivas al uso de estos números para favorecer el desarrollo de los servicios IoT; en cualquier análisis relativo a esta cuestión debe asegurarse que factores como la seguridad pública, la soberanía nacional, etc...; no se vean comprometidos. Un enfoque armonizado internacionalmente podría ser deseable. En este contexto, se hace referencia al Informe ECC 194 "Uso Extra-Territorial de Números E.164".

Una solución complementaria parece ser el uso de los recursos globales asignados por la UIT. Esto podría ser útil en el caso de servicios de IoT y dispositivos conectados que se distribuyen internacionalmente, pero pueden surgir complicaciones y costos adicionales en el caso de usar recursos globales (por ejemplo, la conclusión de nuevos acuerdos de itinerancia).

La Comisión Europea sugirió recientemente la utilización de un sistema de numeración europeo para los servicios IoT. Desde el punto de vista de los costes y beneficios, BEREC considera que la introducción de un sistema europeo de numeración no parece tener ventajas significativas que justifiquen los costes de implantación para el establecimiento de tal solución.

En cambio, BEREC considera que el uso de los recursos de numeración existentes -el uso extraterritorial de números y el uso de números de la UIT- parece ser un enfoque razonable.

Uno de los puntos más discutidos, surgidos a raíz del nacimiento de los, ya comentados, nuevos acuerdos de *roaming* era el aprovechamiento, por parte de los usuarios, del fin del servicio para contratar tarifas de internet en países más baratos y luego usarlos permanentemente en una red distinta a la que tenía contratada. Por ejemplo, que un holandés compre 10 tarjetas móviles en Lituania, el país con las llamadas más baratas y las use en su país al coste del servicio lituano, que es un 774% inferior.

Para evitar esta problemática se dispuso que cada operador verificará si un cliente realiza una "utilización razonable" de la itinerancia midiendo durante cuatro meses la proporción geográfica de uso del servicio. Si observa que utiliza los servicios más tiempo fuera del país donde contrató la línea, considerará que no se beneficia del 'roam like at home', sino de un 'roaming permanente', procediendo, en este caso, a notificar al cliente sobre el uso indebido del servicio. Dicho cliente, pasaría a tener un plazo de 14 días para justificar su residencia habitual en el país donde contrató el servicio. En caso de no hacerlo la operadora iniciará un procedimiento de reclamación y cargará el precio mayorista al usuario.

Merece la pena mencionar que, por supuesto, hay canales de reclamación para los ciudadanos que no estén de acuerdo con su operador y podrán acudir a la autoridad reguladora nacional para que arbitre el conflicto.

²⁷⁶ Fuente: Enabling the Internet of Things – Febrero 2016 - BEREC

7.4.2 DIRECCIONES IP

Otro tipo de identificación, complementaria a la vista anteriormente, que puede ser empleada en el contexto IoT, es la dirección IP. Al igual que es posible el direccionamiento IP en redes móviles de telefonía, podría implementarse gradualmente un direccionamiento IP dentro del ecosistema IoT.

Según informe del BEREC²⁷⁷, el formato de dirección IPv4 utilizado hasta ahora usualmente soporta un número relativamente limitado de dispositivos globalmente direccionables; sin embargo, muchos dispositivos conectados pueden estar ubicados detrás de una dirección IPv4 utilizando NAT (Network Address Translation).

Dado el crecimiento esperado de los servicios de IoT y el número de dispositivos conectados a Internet en general, este espacio de direcciones limitado podría agotarse rápidamente.

El estándar IPv6 tiene un espacio de direcciones significativamente mayor y puede soportar un número considerablemente mayor de dispositivos. Los proveedores de conectividad han reconocido la importancia de esta migración para el crecimiento de nuevos servicios y están en el proceso de actualizar sus redes para soportar IPv6.

Sin embargo, esta actualización podría necesitar unos años para desarrollarse por completo, con lo que habrá un período de superposición sustancial en el que se usen direcciones IPv6 e IPv4 y números E.164.

Existen algunas estimaciones que aducen que se tardará de cinco a diez años en que IPv6 llegue a estar ampliamente disponible. Sin embargo, la emisión de nuevos números E.164 podría comenzar a ser eliminada cuando las direcciones IPv6 se encuentren ampliamente disponibles. Debido a que la movilidad es una característica necesaria dentro de los servicios IoT, los recursos E.212 probablemente seguirán siendo necesarios.

7.5 MODELO SIM

7.5.1 Problemática de las tarjetas SIM tradicionales

Las redes móviles son la base sobre la cual se sustenta la conectividad de muchas de las soluciones IoT disponibles en la actualidad, por lo que soportan la conexión simultánea de un gran número de dispositivos. Este número de dispositivos crece de forma imparable a medida que el ecosistema IoT evoluciona. Según estimaciones de GSMA²⁷⁸, se prevé que para el año 2020 existan 10.500 millones de dispositivos conectados a las redes móviles.

El crecimiento de número de soluciones IoT supone una oportunidad, pero también un desafío, ya que todos los participantes del ecosistema IoT entrarán en conflicto si se mantiene un escenario de dependencia de la tarjeta SIM tradicional, que sólo es capaz de asociarse con un

²⁷⁷ Fuente: Enabling the Internet of Things – Febrero 2016 - BEREC

²⁷⁸ Fuente: Remote SIM Provisioning for Machine to Machine - GSMA

operador de red. Si bien es cierto que la tecnología multiSIM ha sido un paso adelante en este aspecto, no es una solución completa que resuelva la problemática.

La tarjeta SIM tradicional presenta una serie de problemas que pueden entorpecer el avance del ecosistema IoT. Los más destacados son:

- El coste de producción de las mismas
- Su tamaño no es el adecuado para su inclusión en pequeños dispositivos IoT
- El cambio de tarjetas SIM por cambio de proveedor de conectividad supone un problema tanto para proveedores de soluciones IoT, como usuarios de las mismas (en especial para los usuarios de soluciones *business-to-business*)
- La gestión de dispositivos en escenarios IoT compuestos por un gran número de dispositivos localizados de forma remota, a menudo sellados herméticamente

7.5.2 Estándar GSMA eSIM

GSMA proporciona un estándar único de facto, basado principalmente en la utilización de eSIMs, para el aprovisionamiento y la gestión remota de conexiones máquina a máquina (M2M)²⁷⁹; con el fin de resolver los principales problemas suscitados por la utilización de tarjetas SIM tradicionales, explicados anteriormente.

Cabe destacar, que el estándar se basa principalmente en la utilización de SIMs integradas, pero también aplica a SIMs tradicionales.

Esta especificación técnica, respaldada por los principales actores de la industria, incluidos los proveedores móviles y de SIMs más grandes del mundo, permite la instalación y gestión "en el aire" de perfiles SIM de operadores en dispositivos M2M.

La especificación acelerará el crecimiento del mercado IoT e incrementará las oportunidades para operadores y clientes de IoT mediante reducción de costes y la mejora de la flexibilidad y eficiencia.

DESCRIPCIÓN eSIM Y VENTAJAS SOBRE LAS SIM TRADICIONALES

La tarjeta SIM integrada (eSIM) difiere de la tarjeta SIM tradicional en su factor de forma, ya que ésta se basa en un chip, diseñado para estar soldado de forma permanente en el dispositivo M2M. Consta de 8 pin eléctricos, exactamente iguales que los 8 contactos de la tarjeta SIM tradicional.

La utilización de eSIMs, supone un gran número de beneficios para la industria IoT: su coste de producción es bajo, soportan mejor vibraciones e impactos y su reducido tamaño es adecuado para la incorporación en pequeños dispositivos IoT. Además, solventa el problema del cambio de SIM, necesario al cambiar de operador, permitiendo el aprovisionamiento "over the air" de una suscripción inicial del operador y el subsiguiente cambio de suscripción de un operador a otro.

²⁷⁹ Fuente: Embedded SIM Specification Remote SIM Provisioning for M2M - GSMA

Las principales ventajas de las eSIMs sobre las SIMs tradicionales son²⁸⁰:

- Las **tarjetas SIM** extraíbles son a menudo **inaccesibles dentro de los módulos M2M** inalámbricos lo que hace difícil cambiar la SIM una vez el sistema se ha desplegado.
- **Las eSIMs nunca necesitan ser extraídas**. Se descargan nuevos perfiles de operador a la tarjeta SIM cuando sea necesario.
- **Simplifica los procesos logísticos**:
 - Instalación de una unidad SIM de reserva única (SKU) en un dispositivo M2M en el punto de fabricación
 - Descargar un perfil de operador adecuado en el país de destino para dispositivo.
 - Elimina la necesidad de control de *stock* y envío de pre provisionados físicos de tarjetas SIM.
 - Toda esta flexibilidad operativa se consigue sin comprometer la seguridad.

BENEFICIOS PARA LOS STAKEHOLDERS

La utilización del estándar eSIM, conlleva beneficios para todos los actores del escenario IoT. A continuación, se exponen dichos beneficios²⁸¹:

- **Operadores**:
 - Apertura de nuevas oportunidades de mercado
 - Reducción de costes en el manejo de los dispositivos IoT
 - Mantenimiento de niveles de seguridad líderes en la industria
 - Mínimo impacto sobre sistemas y redes existentes
 - Bajos costes de integración y pruebas
- **Proveedores de dispositivos IoT**:
 - Apertura de nuevas oportunidades de mercado IoT
 - Unidad de almacenamiento único en el punto de fabricación
 - Se permite una distribución flexible de productos globales
 - La selección de la suscripción del operador se realiza al encender en el país de destino
 - Permite el cambio de operador durante el ciclo de vida del producto
 - Mejora de la fiabilidad y longevidad del producto a través de herméticos sellados, ya que no hay necesidad de cambiar la SIM física

²⁸⁰ Fuente: Embedded SIM Specification Remote SIM Provisioning for M2M - GSMA

²⁸¹ Fuente: Embedded SIM Specification Remote SIM Provisioning for M2M - GSMA

- **Proveedores de SIMs:**
 - Abre oportunidades más amplias en el mercado IoT, proporcionando infraestructura eSIM.
 - Añade valor y flexibilidad a los productos SIM
- **Clientes comerciales:**
 - Oportunidades de mercado de nuevos servicios IoT, incluyendo nuevos modelos de negocio
 - La activación remota del servicio permite redimensionar las soluciones tras la venta inicial
 - La gestión de la conectividad será más flexible y rentable
- **Clientes finales:**
 - Mejor experiencia para el consumidor
 - Bajada en el precio de los dispositivos conectados
 - Incremento en el número de servicios

CAMPO DE APLICACIÓN POTENCIAL

La tecnología eSIM está revolucionando el sector automovilístico. SBD Research predice que todos los automóviles tendrán conectividad en el año 2025 ²⁸². Los automóviles europeos ya tienen la obligación de estar conectados, al menos para proporcionar servicios de emergencia.

El mercado de la conectividad en automóviles se situará en 40 billones de euros en 2018 (frente a los 13.000 millones de euros de 2012).

Según SBD Research, el 83% de este crecimiento se debe a la incorporación de la tecnología SIM en nuevos vehículos que permitirá una amplia gama de servicios móviles basados en seguridad, navegación, actualizaciones de tráfico e información y entretenimiento.

La tecnología eSIM integrada ofrece grandes oportunidades para los fabricantes de automóviles durante el ciclo de vida de 10-15 años de un vehículo, incluyendo:

- La oportunidad para la instalación del perfil del operador de última hora basada en la ubicación
- Actualizaciones de perfiles cuando un vehículo cambia permanentemente de propiedad o ubicación.

²⁸² Fuente: Embedded SIM Specification Remote SIM Provisioning for M2M - GSMA

7.6 IMPUESTOS A LA IMPORTACIÓN

Si bien la región de América Latina presenta enormes oportunidades para los proveedores de conectividad y servicios IoT, cualquier empresa, de fuera de la región, que quiera entrar en el mercado ha de tener en cuenta una serie de consideraciones relativas a las tasas impositivas de importación de los diferentes países.

Muchos países de América Latina tienen regulaciones estrictas sobre las importaciones, lo cual afecta significativamente a la estrategia a seguir por parte de los proveedores de servicios IoT²⁸³.

Entendiendo por aduanas y otros derechos de importación a todos los gravámenes percibidos sobre las mercancías que entran en el país o los servicios prestados por los no residentes a los residentes del país en cuestión. Los requisitos aduaneros y fiscales difieren según el país, por lo que es importante conocer y entender las regulaciones de cada mercado al que se quiere acceder en la región.

Centrándonos en los derechos aduaneros sobre los dispositivos de tecnología celular, por ser el área de interés en este estudio, se comprueba, mediante datos proporcionados por GSMA²⁸⁴, que las tasas varían significativamente de un país a otro.

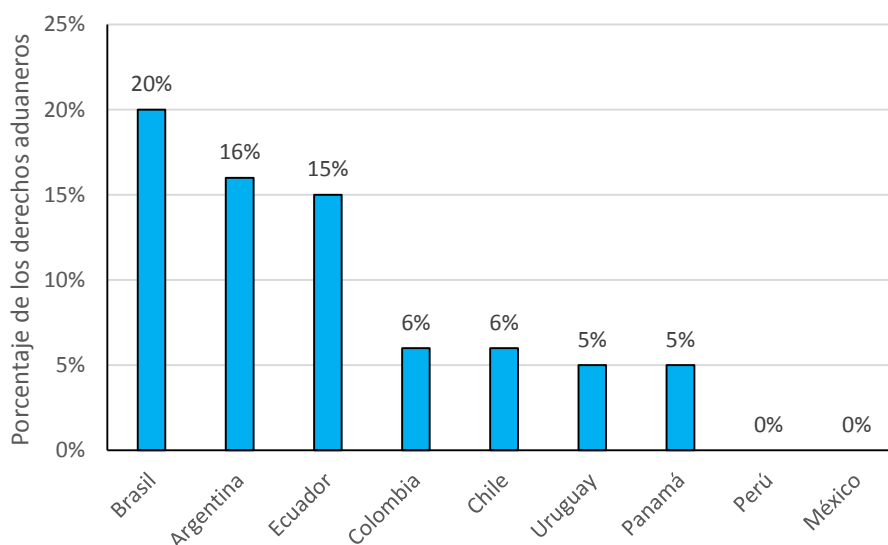


Figura 133. Derechos aduaneros actuales para equipos de telefonía

Brasil, Argentina y Ecuador utilizan los derechos aduaneros como incentivo para proteger sus industrias locales, con lo que la entrada de empresas extranjeras para establecer soluciones IoT en América Latina deben realizar un esfuerzo mayor si quieren desplegar tecnología procedente de fuera del país en cuestión.

México, Perú, Chile o Colombia, tienen derechos aduaneros menores sobre la tecnología celular, con lo que la entrada a estos mercados es más accesible para los actores del ecosistema IoT.

²⁸³ Fuente: Tax and Duty Considerations in the Latin American Market - SKYPOSTAL

²⁸⁴ Fuente: La telefonía móvil y el sistema tributario en América Latina - GSMA

Con el fin de completar el estudio, se muestra el peso de los derechos de aduana y otros derechos de importación en el total de recaudación impositiva para cada uno de los diferentes países de interés.

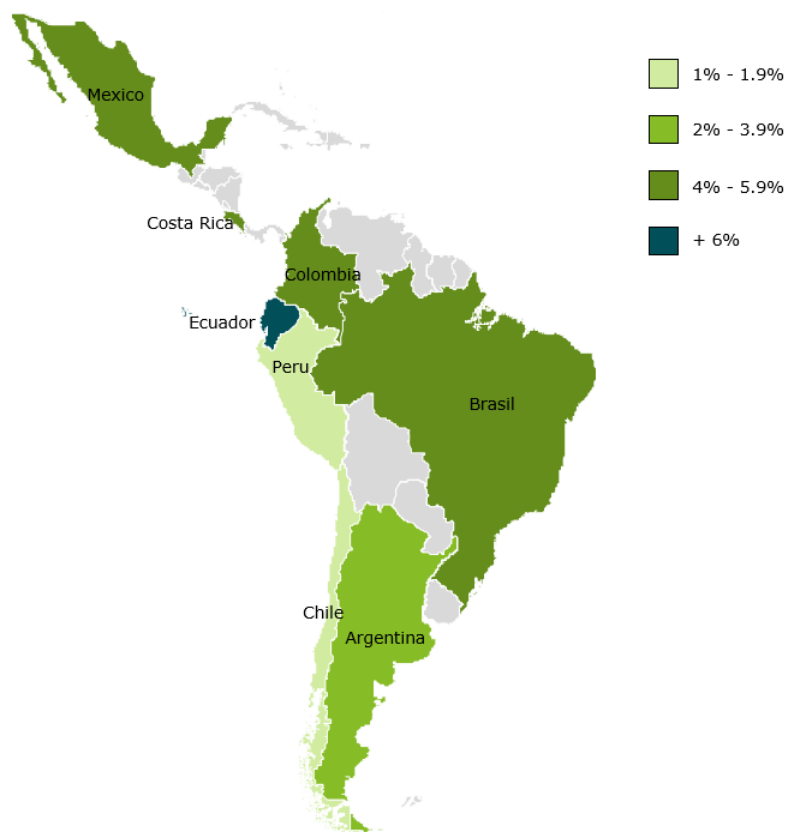


Figura 134. Aduanas y otros impuestos de importación (% de impuesto) ²⁸⁵

En base al mapa representado, en el que figuran datos extraídos de Indexmundi y del Banco Mundial²⁸⁶, se puede determinar que los países en los que los impuestos de importación tienen menos peso, son: Chile, Perú y Argentina; mientras que el país en el que los derechos aduaneros suponen un mayor porcentaje, dentro del total de beneficios por impuestos, es Ecuador (con un valor cercano al 11%); situándose México, Colombia, Costa Rica y Brasil, en una situación intermedia.

Además, mediante los datos del Banco Mundial podemos conocer la tendencia en los diferentes países. Destaca la fuerte bajada del porcentaje debido a impuestos de importación en Perú y Colombia durante los últimos 15 años. También destaca la subida, lenta pero progresiva, de Brasil durante este periodo. Países como Chile o Ecuador no han variado en gran medida su situación, destacando como casos extremos en cuanto a impuestos aduaneros.

²⁸⁵ Fuente: Customs and other import duties (% of tax revenue) – Latin America %Central America- Indexmundi

²⁸⁶ Fuente: Aduana y otros impuestos a las importaciones (% de la recaudación impositiva) – Banco Mundial

A photograph of a dark, textured rock surface, possibly a volcanic rock, with several bright yellow fern fronds growing from a crevice. The text is overlaid on the upper left portion of the image.

8 Elaboración de la propuesta de recomendaciones de políticas públicas y conclusiones

El análisis realizado para cada uno de los ámbitos contemplados en este documento, ha sido compilado en una serie de conclusiones que se reflejan en el presente capítulo. La estructura que se seguirá para desarrollar este capítulo será la siguiente:

- Informe sobre el estado del ecosistema IoT en la región, en base al estudio de las barreras para la adopción del IoT.
- Elaboración de iniciativas para la potenciación del IoT en aspectos como, adopción y uso, infraestructura y financiación y soporte a la innovación.

Cabe destacar que las recomendaciones realizadas a lo largo de este capítulo, tienen su foco en las políticas públicas, identificadas como palanca para el desarrollo digital dentro de la región. Estas políticas deben suponer un impulso para la adopción de soluciones IoT, tanto en el sector público, como en el privado.

Comenzar el camino de la digitalización parece una opción adecuada para las empresas de la región, debido a que las compañías que ya han iniciado este proceso han conseguido importantes ventajas en su actividad. En este documento se presentan algunos casos prácticos dentro de los sectores: sanidad, manufactura, agropecuario, comercio y turismo; que evidencian que las empresas que han integrado soluciones IoT dentro de su cadena de valor han conseguido beneficios como: aumentos en su productividad, disminución de costes, aumento en la calidad de sus productos o servicios, una mayor satisfacción de sus clientes, etc.

La adaptación de un modelo de negocio o la inclusión de una solución digital dentro de la cadena de valor en una empresa privada, es un proceso que necesita tiempo, pero las plataformas software disponible y las mejores prácticas de otras empresas, facilitan la adopción de soluciones TIC dentro de las pymes.

8.1 ESTADO DEL ECOSISTEMA IOT EN LA REGIÓN

Se ha creado un índice que ayuda a conformar una idea sobre el estado del ecosistema IoT en los países de la región latinoamericana, esto se hace a través del análisis de una serie de barreras, que se identifican como principal oposición a la creación y desarrollo del mismo.

En la mayoría de aspectos analizados a lo largo del estudio, América Latina se encuentra rezagada respecto de la OCDE. De forma general, se puede mencionar que el ecosistema IoT no está demasiado desarrollado en la actualidad en la región.

Las barreras analizadas en las que la región se encuentra más próxima a la OCDE son aquellas relacionadas con el marco regulatorio y las habilidades; barreras que pueden ser vistas como la palanca en la que basar el impulso para reducir el gap existente.

Por otro lado, se ha identificado la adopción de tecnologías en las empresas, como la principal barrera para la adopción de sistemas IoT en el ámbito empresarial. Otro punto a reforzar en la región, y más concretamente en los países de interés para este estudio, es el despliegue de Infraestructura TIC.

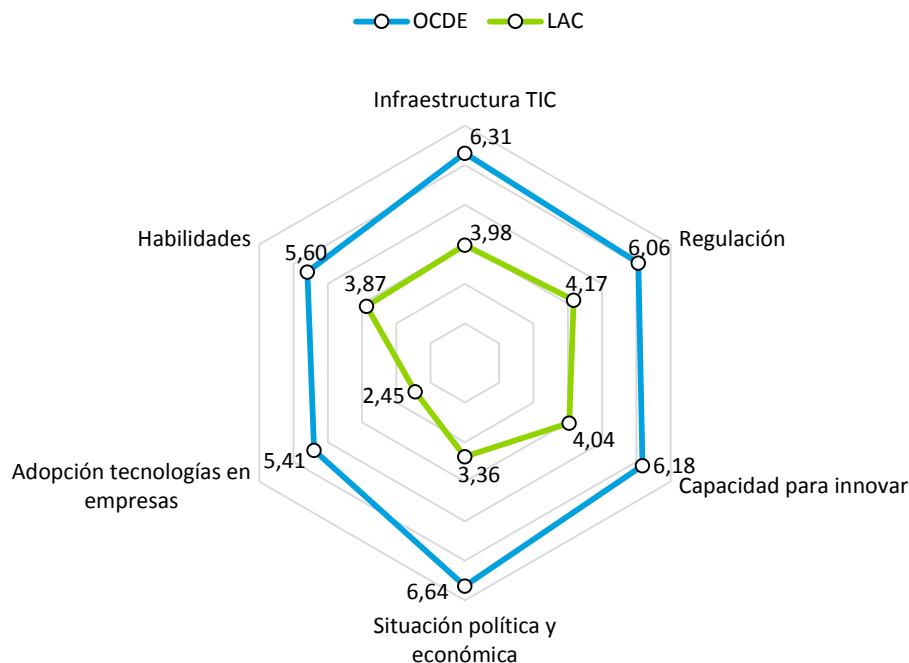


Figura 135. Resultados del índice para LAC y OCDE (1-8)

Si bien es cierto que se requiere una mejora a nivel regional, hay ciertos países que se encuentran más avanzados en el ranking de adopción IoT. Chile y Costa Rica se destacan como países líderes, ya que presentan una buena puntuación en la mayoría de los indicadores. El principal reto de ambos países es la mejora de su capacidad de innovación e incrementar su gasto en I+D como una opción razonable para mejorar este parámetro.

Brasil se sitúa como tercer país, de los denominados de interés para este estudio, en el ranking. Su principal aspecto a mejorar es la estabilidad política, parámetro en el que destacan Chile o Costa Rica. Con una mayor estabilidad política, la capacidad para innovar, aspecto en el que Brasil se sitúa a la altura de referentes mundiales, podría desarrollar todo su potencial como estimulador del resto de pilares.

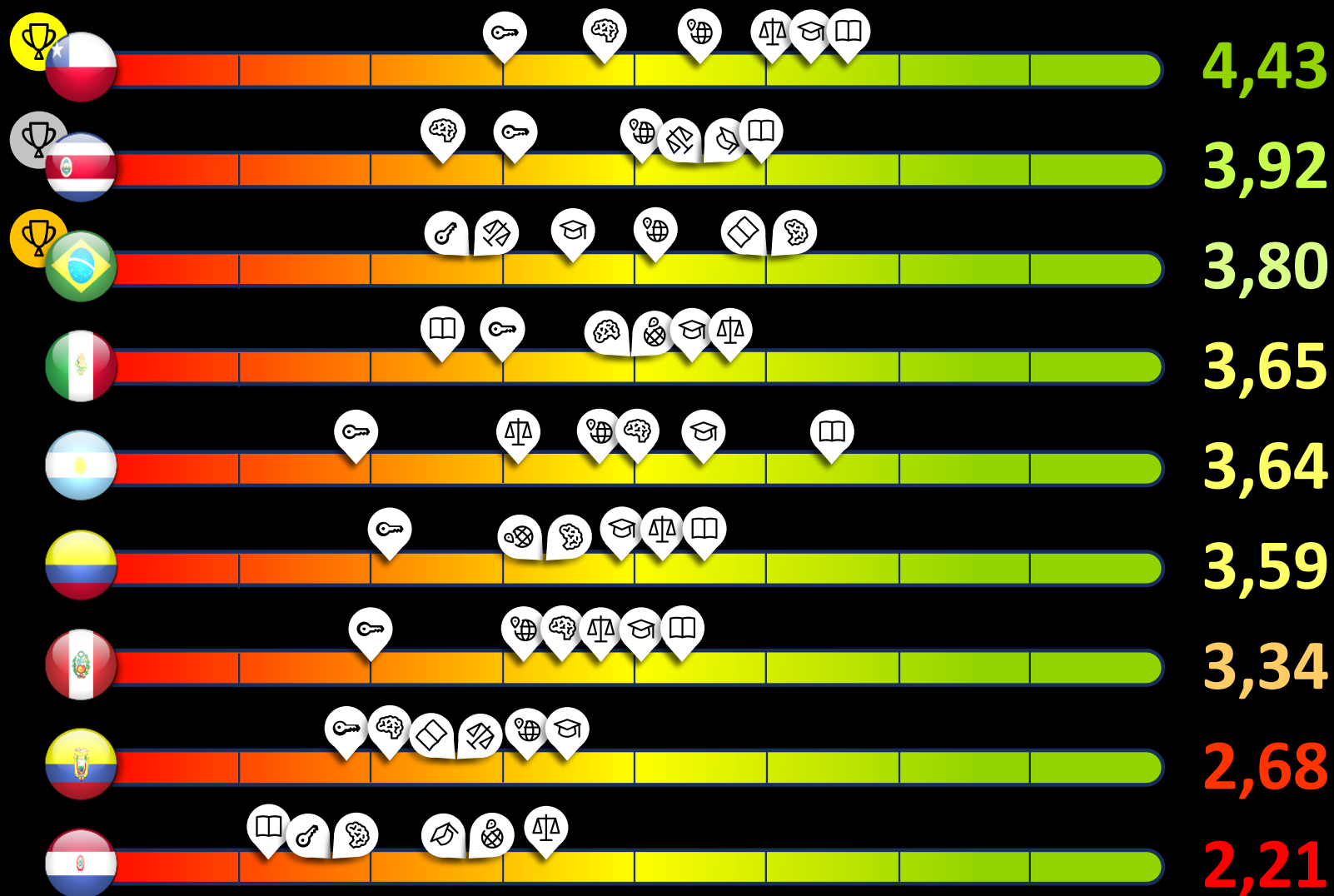
Como países que se encuentran en la media de la región se sitúan: Colombia, Argentina y México; destacando Colombia y Argentina por su marco regulatorio y México por el uso que hace la población de las tecnologías. México debe realizar un esfuerzo extra para desarrollar una regulación, más actual, que sirva como base para la innovación y la digitalización de las empresas. Argentina y Chile, disponen de regulaciones más adecuadas, pero deben impulsar la adopción de tecnologías en las empresas y fomentar el despliegue de infraestructura sobre la que desarrollar soluciones IoT.

Los países más rezagados y que, por ende, deben realizar un mayor esfuerzo para desarrollar un ecosistema adecuado para la expansión del IoT, y otras tecnologías TIC, son Perú, Ecuador y Paraguay. Si bien es cierto, que la estabilidad política y económica por la que atraviesa Perú, le hace ser un país con un gran potencial de crecimiento. Por el contrario, Ecuador debe centrarse en conseguir una base regulatoria y educativa, que permita potenciar la adopción de tecnología en el país, tanto a nivel empresarial como a nivel particular. Paraguay es el país que peor puntuación obtiene, sin embargo sus políticas en gobierno digital y de transparencia,

demuestran que han empezado a conformar su estrategia digital, alineando objetivos para conformar las bases de un futuro que presenta un gran potencial.

Aprovechando el estudio realizado sobre la adopción de IoT, se ha llevado a cabo un análisis del impacto que tendría la conformación del ecosistema IoT en los sectores empresariales más relevantes para la región.

Para realizar este análisis, se han escogido una serie de indicadores que sirven para evaluar el estado de los diferentes sectores. Si bien es cierto, que puede existir una relación entre el nivel de desarrollo del entorno IoT y algunos de los indicadores seleccionados: gasto en salud per cápita, valor añadido per cápita del sector manufacturero o rendimiento logístico; no se puede establecer una relación de causalidad y no pueden ser considerados de forma aislada.



- Infraestructura TIC
- Adopción Tecnológica en empresas
- Situación política y económica
- Adecuación del marco regulatorio
- Capacidad para innovar
- Habilidades

de adopción del IoT en I

8.2. INICIATIVAS PARA LA POTENCIACIÓN DEL IOT

Debido a la importancia creciente del ecosistema IoT, identificado como palanca para el desarrollo y potenciador de diversos sectores económicos; y con el fin de favorecer el crecimiento económico y el bienestar futuros, es necesario garantizar y acelerar el desarrollo de las soluciones, haciendo uso de una regulación adecuada e incentivando iniciativas de políticas públicas clave.

A continuación se pretende hacer una recopilación de aquellas iniciativas y recomendaciones que puedan impactar en mayor medida a los sectores empresariales analizados. Se recogerán las conclusiones e iniciativas en torno a los siguientes puntos:

- **Despliegue de infraestructura:** se abordarán dentro de este apartado las soluciones técnicas a emprender por los países que muestran un desarrollo de infraestructura TIC e IoT menor. De la misma forma, se revisarán aspectos regulatorios, el desarrollo de planes nacionales más destacados y el uso de esquemas PPP que puedan favorecer el despliegue de infraestructura.
- **Adopción y uso:** se abordarán iniciativas de gran impacto relacionadas con la alfabetización digital y capacitación de habilidades digitales, con el fin de asentar las bases necesarias para el uso de sistemas más innovadores como el IoT. Asimismo, se contemplarán aspectos más decisivos en el ámbito de la protección de datos.
- **Soporte y financiación:** se analizarán en este apartado las políticas públicas que favorezcan la promoción de la innovación, así como la inclusión de los sistemas y soluciones IoT en el ámbito empresarial, considerando aspectos como los programas de aceleración con financiación pública y los incentivos fiscales a la actividad innovadora.

Incluyendo estos contenidos, se consiguen abordar problemas que se desprenden del análisis de las barreras para la implantación del IoT. Las iniciativas de despliegue de infraestructura cubrirán aquellos problemas relativos a la infraestructura TIC; los problemas de habilidades y adopción de tecnologías en empresas estará cubierto por las iniciativas de adopción y uso; y por último la capacidad de innovar y el resto de aspectos de la adopción tecnológica en empresas serán abordados por las iniciativas de soporte y financiación. Las barreras de regulación y estabilidad política y económica, pueden ser cubiertas de forma “cross”, pues son inherentes a la implantación de dichas políticas.

Todo esto será contemplado como las conclusiones generales que abarca el estudio llevado a cabo en este documento.

8.2.1 Adopción, uso y capacitación

Dada la importancia estratégica que representan las nuevas tecnologías, como capacitadoras de servicios innovadores, los gobiernos e instituciones deben procurar fomentar las condiciones necesarias para su correcto desarrollo.

Un ecosistema desfavorable para la evolución de las TIC puede conllevar una serie de deficiencias en el uso de herramientas y conocimientos transversales que podrán reflejarse en el nivel de desarrollo de la economía del país y el bienestar social.

Se han identificado tres aspectos a reforzar, en la región de América Latina, mediante políticas que promuevan la inserción de los nuevos servicios IoT y, en consecuencia, el crecimiento del entorno digital dentro de la región:

- Apoyo a la digitalización de empresas
- Programas de alfabetización digital
- Regulación de la protección de datos

APOYO A LA DIGITALIZACIÓN DE EMPRESAS

Tal y como se ha visto en capítulos anteriores, favorecer la adopción de soluciones IoT, especialmente en las pymes, debe ser una prioridad para favorecer la evolución del ecosistema IoT en la región.

Las políticas que promocionan servicios que promueven la competitividad de las empresas, especialmente de las más pequeñas, sirven de catalizador para el incremento de servicios TIC.

Planes como los descritos en este documento promocionan la utilización de tecnologías innovadoras, como el IoT, dentro de las pymes y representan un paso en la dirección correcta para la capacitación digital. Algunos de estos planes son:

- **Industria 4.0 (España)**: Financia a pequeñas y medianas empresas habilitadoras digitales y promueve el desarrollo de competencias entorno a la Industria 4.0, mediante planes de concienciación y comunicación. Además fomenta la colaboración multidisciplinar, a través de la creación de entornos y plataformas para la colaboración entre los diferentes agentes que conforman el sector industrial español.
- **La nouvelle France Industrielle (Francia)**: Plataforma que tiene como objetivo lograr que cada empresa francesa dé un paso hacia la modernización de sus recursos industriales y la transformación de su modelo económico, a través de las nuevas tecnologías. La plataforma apoya a empresas de todos los tamaños en sus procesos de digitalización y cuenta con una financiación de 2.500 millones de euros.
- **Innovate UK (Reino Unido)**: Agencia de innovación de Reino Unido que, mediante la creación de sus *High Value Manufacturing Catapult*, apoya a las empresas del sector manufacturero en sus procesos de producción. Además la EPSRC, agencia del Reino Unido para la financiación en ingeniería y ciencias físicas, apoya económicamente al

sector industrial, especialmente a aquellas empresas manufactureras, cuya producción requiera un alto grado de especialización.

- **Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (Colombia):** Alianza entre universidades, líderes tecnológicos mundiales y empresas ancla nacionales que presenta como objetivo potenciar el desarrollo económico del país desde la tecnología y la innovación, buscando resolver las distintas necesidades de los sectores productivos del país.
- **Advanced Manufacturing (EEUU):** El plan estadounidense busca la creación de un ecosistema fértil para la innovación en el país, mediante financiación a empresas locales que permitan asegurar que las tecnologías más innovadoras, que puedan causar efectos disruptivos en los diferentes mercados, se desarrollen en los Estados Unidos.

PROGRAMAS DE ALFABETIZACIÓN DIGITAL

Las iniciativas para la alfabetización digital buscan acercar las tecnologías más innovadoras a todos los estratos de la sociedad. Estos programas son de especial importancia puesto que fomentan la creación de una sociedad capaz de utilizar las nuevas tecnologías.

Se identifican cuatro áreas principales, sobre las que los programas de alfabetización deben tener especial efecto:

- **Iniciativas de alfabetización digital en zonas con pocos recursos:** mediante programas de capacitación y alfabetización digital es posible reducir la brecha digital existente entre los distintos estratos de la sociedad. La creación de centros educativos, en los que se impartan contenidos que promuevan la ciencia y la tecnología; la apertura de centros con conexión a Internet o la formación del profesorado de los centros escolares de zonas rurales; son ejemplos de iniciativas llevadas a cabo en la región y que sirven de ejemplo como buenas prácticas para fomentar la alfabetización digital.
- **Programas para la digitalización de la educación:** Aunque la digitalización del sistema educativo es un proceso continuo y ya iniciado en la mayoría de los países de la región, siguen siendo necesarias estrategias que proporcionen un nuevo impulso en este ámbito. Se han identificado tres aspectos fundamentales que han de ser incluidos en los programas de digitalización de la educación: Capacitación del profesorado, dotación de equipos y recursos para el alumnado y financiación a proyectos educativos que utilicen tecnologías innovadoras, como el IoT. Programas educativos punteros a nivel mundial, como el francés o el estadounidense, están basados en estos tres pilares, y puede servir de referencia a los países de la región.
- **Desarrollo de las carreras STEM:** La promoción de las carreras STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) es importante para el desarrollo tecnológico, digital e innovador y prepara a los países de la región para la demanda futura. Incrementar el número de licenciados en estas carreras, mediante mejoras en la formación básica y una adaptación de las titulaciones, son planes seguidos por países

como Alemania o Estados Unidos, que ya han mejorado sus datos de licenciados en carreras STEM.

- **Adopción de soluciones en instituciones públicas:** Incrementar el número de soluciones TIC en las instituciones públicas y fomentar la participación ciudadana en el organismo público, a través de las mismas; podría acercar este tipo de soluciones a la sociedad, así como ayudar en el proceso de capacitación de los docentes. Un ejemplo de solución TIC, que ha traído beneficios para un país de la región latinoamericana, es el desarrollo de iniciativas sobre *eGovernment* en Paraguay.

REGULACIÓN DE LA PROTECCIÓN DE DATOS

Es fundamental que la gran cantidad de datos generada por los servicios IoT sea gestionada de manera adecuada, garantizando la protección de datos y la privacidad, para que el ecosistema IoT evolucione dentro de la región.

Como se ha expuesto en este documento, los países que componen la región de América Latina no disponen de una regulación común, a diferencia, por ejemplo, de los países que componen la Unión Europea. Es por ello, que la importancia de que cada país de la región disponga de una ley general sobre protección de datos, actualizada y aplicable a nivel nacional, es importante debido a que aporta confianza a las entidades que inviertan en el desarrollo de soluciones IoT. Argentina y Costa Rica disponen de regulaciones avanzadas, en términos de protección de datos, y podrían representar el camino a seguir.

Por otra parte, es importante destacar los beneficios que supondría, para los países que componen la región latinoamericana, una regulación a la que se puedan acoger todos ellos, siguiendo el modelo de la Unión Europea. Una regulación de este estilo podría elevar los niveles de seguridad y confianza dentro de las soluciones IoT, lo cual podría repercutir positivamente en su grado de adopción y utilización.

8.2.2 Despliegue de infraestructura

El despliegue de infraestructura, capaz de sustentar todo el abanico de soluciones IoT, está en el foco de las políticas públicas y las medidas regulatorias de los países punteros en adopción de tecnologías TIC. Para los países más rezagados, en este sentido, la expansión de redes y plataformas sobre las que se puedan desarrollar soluciones TIC es de especial importancia, debido a la capacidad que estas soluciones tienen de impactar en los distintos sectores económicos de un país y en el bienestar social de su ciudadanía.

Es posible elaborar una serie de recomendaciones, para los países considerados de interés a lo largo de este estudio, en base a dos aspectos diferenciados:

- Recomendaciones técnicas
- Políticas públicas y marco regulatorio para la evolución del ecosistema IoT

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

La región de América Latina se encuentra rezagada, respecto a la OCDE, en términos de despliegue, velocidad y uso de redes de banda ancha. Tan solo Costa Rica y Brasil se acercan a los niveles de la OCDE en penetración de banda ancha móvil y ningún país de la región presenta valores en la media de los países que conforman la OCDE, en cuanto a penetración de la banda ancha fija se refiere. La velocidad de acceso a la banda ancha, un 62% menor en LAC que en la OCDE, representa otra limitación tecnológica para la adopción de soluciones IoT.

Si bien los factores presentados anteriormente limitan la aparición de soluciones TIC, no la excluyen. Es posible elaborar dos conjuntos de recomendaciones técnicas, para los países bajo estudio en este documento, en función de su nivel de despliegue de infraestructura TIC.

Aquellos países, cuyo despliegue de infraestructura está menos avanzado, pueden hacer crecer su ecosistema IoT desarrollando soluciones sobre infraestructura 2G y 3G, así como aprovechando tecnologías de corto alcance, como RFID, Wi-Fi o Bluetooth; a la par que continúan impulsando la penetración de banda ancha, que permita la implementación de soluciones más complejas, en cuanto a términos de latencia o tasa de transmisión de datos se refiere.

Por otro lado, los países, presentados en este documento, como avanzados en términos de despliegue de infraestructura TIC; como Chile, Brasil, Costa Rica o México; tienen la capacidad de desplegar nuevas redes que faciliten la evolución del entorno IoT. Las redes 4G, LPWAN o la futura 5G, habilitan nuevas soluciones TIC, capaces de impactar en los distintos sectores económicos de un país; con lo que continuar desarrollando soluciones sobre las redes, cuyo nivel de penetración sea alto, y fomentar el despliegue de redes más novedosas, podría ser la vía que lleve a los países más avanzados de la región, en términos tecnológicos, hacia la digitalización.

POLÍTICAS PÚBLICAS Y MARCO REGULATORIO PARA LA EVOLUCIÓN DEL ECOSISTEMA IoT

Desarrollar nuevas soluciones IoT sobre redes existentes o favorecer el crecimiento del entorno digital mediante despliegue de nuevas redes y una mayor penetración de banda ancha, son objetivos que deben estar sustentados por las instituciones nacionales de cada país en la región.

Se ha identificado como política pública de éxito, la implementación de Planes Nacionales que aborden: las necesidades estructurales, como la expansión y actualización de las redes existentes; los retos de los diferentes sectores económicos o las necesidades regulatorias provocadas por la irrupción de las soluciones TIC. Un ejemplo de país que ha avanzado en su digitalización, mediante un Plan Nacional, es Brasil.

Otra iniciativa, llevada a cabo por diferentes países de la región pero que encuentra su mejor práctica en Colombia, es la creación de Centros Nacionales que supongan un punto de unión entre los diferentes actores que impulsan la tecnología en un país: universidades, líderes tecnológicos, *start-ups*, organismos públicos.

La creación de estos Centros es positiva para la aceleración de la digitalización en un país, puesto que ayudan a identificar las necesidades técnicas para el desarrollo de soluciones TIC y potencian la colaboración entre diferentes agentes para el desarrollo de soluciones.

La colaboración público-privada, también es identificada como factor acelerador en la digitalización de un país. Es por ello, que es recomendable que las instituciones nacionales se muestren abiertas a colaborar con el sector privado, con el fin de potenciar el despliegue de la infraestructura y el desarrollo de soluciones innovadoras. Como ejemplo, se pone el caso del Open Lab de NB-IoT de Chile, que representa la colaboración entre el sector privado (Telefónica y Huawei) y las instituciones públicas chilenas, y que permitirá a las empresas que trabajan en IoT desplegar más rápidamente sus servicios IoT. En este caso, Telefónica aporta su infraestructura y Huawei sus dispositivos para facilitar a las empresas locales, o aquellas que quieran entrar en el país, el desarrollo de soluciones IoT. De este modo, se fomenta el desarrollo de un ecosistema digital dentro del país, lo cual beneficia a todos los miembros que componen el Laboratorio.

Otro de los aspectos determinantes a tener en cuenta para la potenciación del IoT en la región, es el marco regulatorio. Los reguladores nacionales, deben tratar de adecuar el entorno para el despliegue de redes de IoT, mediante medidas regulatorias relacionadas con: atribución de frecuencias, incentivos fiscales o adecuación de las tasas impositivas sobre las importaciones.

México, representa un ejemplo de país en la región que intenta crecer mediante un adecuado entorno regulatorio, ya que en su Programa Anual de Trabajo 2017 figuran varios estudios que tienen el objetivo final de conocer las mejores prácticas regulatorias de otros países, con el fin de adecuar su regulación nacional favoreciendo el crecimiento del entorno IoT.

8.2.3 Financiación y soporte a la innovación

Los datos sobre financiación y soporte a la innovación y la adopción de tecnologías en empresas muestran un desarrollo incipiente en la mayoría de países de la región. Los sistemas de innovación nacionales están aún en desarrollo, debido a la escasa inversión en I+D. Si a este hecho se le añade la falta de financiación generalizada en la región, la adopción de tecnologías en empresas también se ve resentida.

Los gobiernos y otras instituciones públicas, en colaboración con el sector privado, pueden y deben jugar un papel crucial en la creación del entorno adecuado para el nacimiento de nuevas empresas y *start-ups* y el impulso y actualización de las ya existentes, a través de implantación de nuevas tecnologías y las diversas posibilidades de financiación.

En este caso, los aspectos identificados en los que enfocar esfuerzos, a través de políticas que promuevan la inserción de los nuevos servicios IoT y, en consecuencia, el crecimiento del entorno digital dentro de la región son:

- Estrategias de innovación nacionales
- Regulación de la protección intelectual
- Asignación de incentivos fiscales para la innovación

ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN NACIONALES

Las estrategias de innovación nacionales posibilitan la creación de una red de instituciones del sector público y privado cuya actividad inicia, importa, modifica y propaga nuevas tecnologías. Este tipo de estrategias, pueden visualizarse como un triángulo en el que entran en juego las políticas públicas, la regulación y la actividad empresarial.

En la actualidad numerosos planes nacionales se están llevando a cabo en la región. Algunos de ellos han sido destacados en las conclusiones y recomendaciones de infraestructura, sin embargo, en materia de innovación el ejemplo a seguir es el de Brasil.

El plan nacional de *Brasil Inteligente* tiene como objetivo desarrollo de la tecnología IoT y las comunicaciones M2M, para el desarrollo de ciudades inteligentes, la seguridad pública, la movilidad urbana, la salud y la educación, entre otros.

Este proyecto, desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones, que acarrea una inversión total de casi 11 millones de USD, ha conseguido situar a Brasil como pionero y modelo a seguir en iniciativas innovadoras, respecto al desarrollo del IoT, dentro la región LAC (es el líder en la barrera de innovación).

También pueden ser tenidos en cuenta los ejemplos llevados a cabo por Colombia con el *CEA-IoT* y EEUU con la iniciativa *Advanced Manufacturing*.

ASIGNACIÓN DE INCENTIVOS FISCALES PARA LA INNOVACIÓN

A parte de la financiación directa, que es la forma de apoyo a la innovación más común llevada a cabo por los sectores público y privado, existe otra vía para dotar a las empresas de nuevas tecnologías, así como para promover la actividad innovadora. Esta segunda forma de operación se realiza a través de incentivos fiscales.

El uso de incentivos fiscales ayuda a estimular la inversión y atraer inversión extranjera, lo que se asocia a crecimiento económico, competencia y empleo; pero también a una reducción de los ingresos de la administración. Sin embargo, el uso adecuado de incentivos fiscales junto con la elasticidad de la inversión ante dichos estímulos generaría un círculo virtuoso que acabaría aumentando los ingresos de la administración al crecer el tamaño del mercado.

Estos incentivos suelen emplearse para la ayuda a sectores empresariales concretos o actividades determinadas. Un buen ejemplo de este tipo de financiación es el llevado a cabo en Estados Unidos, por la iniciativa *HITECH-Act*. Este conjunto de medidas, concretadas por el congreso estadounidense, proporcionó un marco regulatorio para que los profesionales del sector salud y los hospitales pudiesen recibir incentivos económicos para adoptar y usar eficientemente el Registro Electrónico de Salud.

Otras iniciativas eficientes en la asignación de incentivos fiscales podrían ser:

- La depreciación acelerada para el capital de I+D, que permite la deducción del coste total del elemento en el año de la adquisición y se aplica, fundamentalmente, al gasto en maquinaria y equipos.
- Los incentivos a la contratación de investigadores en aplicación a la seguridad social y el impuesto sobre la nómina.
- La transferencia de tecnología. Se incentiva la adquisición de nuevas tecnologías, así como al desarrollador de una nueva tecnología a transferir; también la reducción de impuestos por el uso de patentes de otros.
- Los incentivos fiscales por la colaboración entre empresas y universidades o institutos de investigación.

REGULACIÓN DE LA PROTECCIÓN INTELECTUAL

La propiedad intelectual es el conjunto de derechos que corresponden a los autores y empresas (productores, *start-ups*, cadenas de televisión, etc.) respecto de las obras y prestaciones fruto de su creación. En general, los derechos de propiedad intelectual protegen los intereses de los creadores al brindarles prerrogativas en relación a sus inventos. Las patentes son necesarias porque constituyen un incentivo económico que representa un reconocimiento a la creatividad y da la posibilidad de obtener una recompensa material por las invenciones comercializables.

Los datos que refleja América Latina demuestran que existe mucho camino por recorrer en materia de protección de la propiedad intelectual y aplicación de patentes. Por tanto, una mejora en este ámbito favorecería la innovación del país, hecho que impactaría directamente sobre la adopción tecnológica en empresas.

8.2.4 Otros aspectos regulatorios a considerar

De vital importancia para el desarrollo de las tecnologías más innovadoras y el impulso de los servicios de telecomunicaciones en los países es la actividad regulatoria desarrollada por ellos. A continuación, se tratará de reflejar aquellos aspectos regulatorios que pueden llegar a influir el desarrollo de la tecnología IoT.

REGULACIÓN DE ESPECTRO

Como ya se ha comentado, el espectro radioeléctrico es una pieza fundamental en el desarrollo del IoT, ya que las tecnologías que sustentarán la conectividad de los diferentes servicios necesitarán la disponibilidad de parte del espectro para llevar a cabo su función. Los requerimientos de los servicios IoT influirán en las tecnologías sustentadores, lo que desembocara en unos requerimientos espectrales determinados. La categorización más utilizada para definir las tecnologías que sustentan servicios de IoT es la que las clasifica en licenciadas (operan bandas de espectro de acuerdo a recomendaciones de organizaciones de estandarización) y propietarias (estándares desarrollados por empresas privadas que basan sus servicios en el uso de espectro no licenciado).

Tecnología	Licencia	Espectro	Bandwidth
Sigfox	No	Banda ISM	100 kHz
LoRa	No	Banda ISM	125 kHz
Ingenu	No	Banda ISM en 2.4 GHz	1 MHz
LTE-M	Si	800/1800/2600 MHz	1 MHz
NB-IoT	Si	800/1800/2600 MHz	180 kHz
Wi-Fi	No	Banda ISM 1/2.4/5GHz	20 MHz
Zigbee	Si	900 MHz 2.4 GHz	-
Bluetooth	No	2.4 GHz	-
2G	Si	900/1800 MHz	200 kHz
3G	Si	900/2100MHz	1.25 MHz 5 MHz
LTE-A	Si	800/1800/2600 MHz	1.4 MHz (mín.) 20 MHz (máx.)

Tabla 9. Comparativa de aspectos espectrales para las tecnologías de conectividad IoT²⁸⁷

Si bien la situación en cuanto a cantidad de espectro otorgado a servicios móviles en la región ha mejorado en los últimos años, la creciente demanda de datos por parte de los usuarios y nuevos servicios hace que la cantidad actual de espectro sea insuficiente. Los reguladores regionales, así como las autoridades gubernamentales, deben tomar el mando para mejorar la situación, brindando certidumbre respecto del marco regulatorio general y relativo al espectro, como las condiciones de renovación de licencias que fomente inversiones en redes móviles.

REGULACIÓN DE NUMERACIÓN

El crecimiento del ecosistema IoT, puede conllevar la escasez de identificadores asociados a dispositivos, con lo que la regulación asociada a la asignación de dichos identificadores resulta clave para la evolución de las soluciones IoT. En el análisis se han señalado los números de teléfono como recursos de identificación más válidos. En una red pública los números de teléfono, tanto nacionales como internacionales, podrían emplearse para el direccionamiento de los servicios IoT. Hasta el momento, al menos en el caso de Europa, lugar dónde más extendida está la actividad IoT, se han utilizado rangos de números E.164 (nacionales) y E.212 (internacionales). Por lo tanto, parece probable que en el corto y mediano plazo estos identificadores se sigan empleando de forma general para dispositivos IoT. También por el aumento de dispositivos vinculados al funcionamiento de sistemas IoT, se ha identificado un problema con los MNCs. Muchos países no permiten asignación de MNCs a usuarios de IoT, solamente a operadores de redes móviles. La presencia de nuevos actores provenientes del ecosistema IoT, puede sugerir la necesidad de una mayor flexibilidad en la asignación de estos recursos, por parte de las Autoridades Nacionales Regulatorias. Por tanto, cada Autoridad Regulatoria deberá ser responsable de adoptar medidas para administrar y asignar los MNCs de manera que no conduzcan a su escasez, tras las nuevas reglas que regulen los cesionarios de los mismos.

²⁸⁷ Fuente: Páginas webs de cada una de las tecnologías presentes en la tabla

LISTADO DE ACRÓNIMOS

2G	Second Generation
3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
4G	Fourth Generation
5G	Fifth Generation
6LowPAN	IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks
IAM	Identity and Acces Management
AM	Acusticomagnética
API	Application Programming Interface
APN	Access Point Name
AWS	Advanced Wireless Services
BEREC	Body of European Regulators for Electronic Communications
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAGR	Compound Annual Growth Rate
Carreras STEM	Carreras de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas
CEA-IoT	Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones
CINE	Clasificación Internacional Normalizada de la Educación
CoAP	Constrained Application Protocol
CONATEL	Comisión Nacional de Telecomunicaciones
CPqD	Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
CRM	Customer Relationship Management
DSRC	Dedicated Short-Range Communications
EAS	Emergency Alert System
EBOPS	Extended Balance of Payments Services Classification
ECC	Entidades de Contrapartida Central
EHAS	Hispano Americano de la Salud
EMPRE	Entidad de Medio de Pago Electrónico
EPSRC	Engineering and Physical Sciences Research Council
eSIM	Embedded Subscriber Identify Module
ETSI	European Telecommunications Standards Institute

FAO	Food and Agriculture Organization
FIAPP-EUROSOCIAL	Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas
FOMIN	Fondo Monetario Internacional
Funttel	Fondo para el Desarrollo Tecnológico de las Telecomunicaciones
GCI	Global Cybersecurity Index
GSMA	GSM Association
HART	Highway Remote Transducer Protocol
HER	Registro Electrónico de Salud
HHS	Salud y Servicios Humanos
HITECH	Health Information Technology for Economic and Clinical Act
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IA	Inteligencia Artificial
IBSG	Internet Business Solutions Group
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones
IIC	Industrial Internet Consortium
IMSI	International Mobile Subscriber Identify
IoEE	Internet of Everything Everywhere
IoT	Internet of Things
IoT-T	Internet de las Cosas en el Turismo
IPv6	Internet Protocol versión 6
ISM	Industrial, Scientific and Medical
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
ITB	International Tourism Fair of Berlin
ITS	Intelligent Traffic Systems
ITU	International Telecommunications Union
LAC	América Latina y Caribe
LAN	Local Area Network
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LED	Light Emitting Diode
LTE	Long Term Evolution

LTE-A	LTE-Advanced
LPWA	Low Power Wide Area
LPWAN	Low Power Wide Area Network
M2M	Machine to Machine
MCC	Mobile Country Code
MEMS	Sistemas microelectromecánicos
MiC2025	Made in China 2025
MNC	Mobile Network Code
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
NAT	Network Address Translation
NB-IoT	Narrow-Band IoT
NFI	Nouvelle France Industrielle
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OCF	Open Connectivity Foundation
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
OEA	Organización de Estados Americanos
ONU	Organización Naciones Unidas
OPEX	Operating expense
OSS/BSS	Operational Support Systems/Business Support Systems
P2P	Point to point
PAN	Personal Area Network
PAT	Programa Anual de Trabajo
PNT	Plan Nacional de Telecomunicaciones
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPP	Point to Point Protocol
PYME	Pequeña y Mediana Empresa
RFID	Radio Frequency Identification
RGPD	Reglamento General de Protección de Datos
RIPD	Red Iberoamericana
RPM	Remote Patient Monitoring
RPMA	Random Phase Multiple Access
SEGITTUR	Sociedad Estatal para la Gestión de la Innovación y las Tecnologías Turísticas
SENATICS	Secretaría Nacional de Tecnologías de la Información y la Comunicación

SIM	Subscriber Identify Module
SKU	Stock Keeping Unit
SRD	Short Range Devices
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
SWAMP	Smart Water Management Platform
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Control
TIC	Tecnologías de la información y comunicación
UE	Unión Europea
UHF	Ultra High Frequency
ULE	Ultra Low Energy
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USB	Universal Serial Bus
VPN	Virtual Private Network
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WEF	World Economic Forum
WLAN	Wireless Local Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network
WTTC	World Travel & Tourism Council

Tabla 10. Listado de acrónimos

9. Anexos



9.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DESARROLLO DEL IOT

El objetivo de este apartado es mostrar la metodología seguida para el cálculo del Índice de Desarrollo del IoT. Se explica cómo se compone conceptualmente el índice y la forma en la que se dimensionan las distintas barreras identificadas que lo componen.

También se describe en este capítulo cuáles son y cómo se incorporan los valores de las variables en dichas barreras y como éstas se suman para formar el índice final. Quedará reflejada, por tanto, la correlación existente entre las variables y el peso asignado en cada barrera para las mismas, a la hora de conformar el ya comentado índice final.

Por último, pero no menos importante, se presenta la formulación matemática utilizada para hallar cada indicador en valores normalizados (1-8), a partir de los distintos valores de las variables.

9.1.1 Composición conceptual del índice

Para poder identificar el estado de desarrollo de la tecnología IoT en América Latina, se han analizado una serie de indicadores que representan cada una de las áreas que lo fomentan. Cada una de estas áreas constituye una barrera que sirve para medir el entorno existente, los recursos económicos y sociales y la actitud de un país frente al desarrollo de la innovación y del ecosistema de IoT, tanto por parte de usuarios como de empresas, así como las posibilidades brindadas en materia de infraestructura. La siguiente figura ilustra las barreras identificadas y analizadas en el índice del desarrollo del IoT:

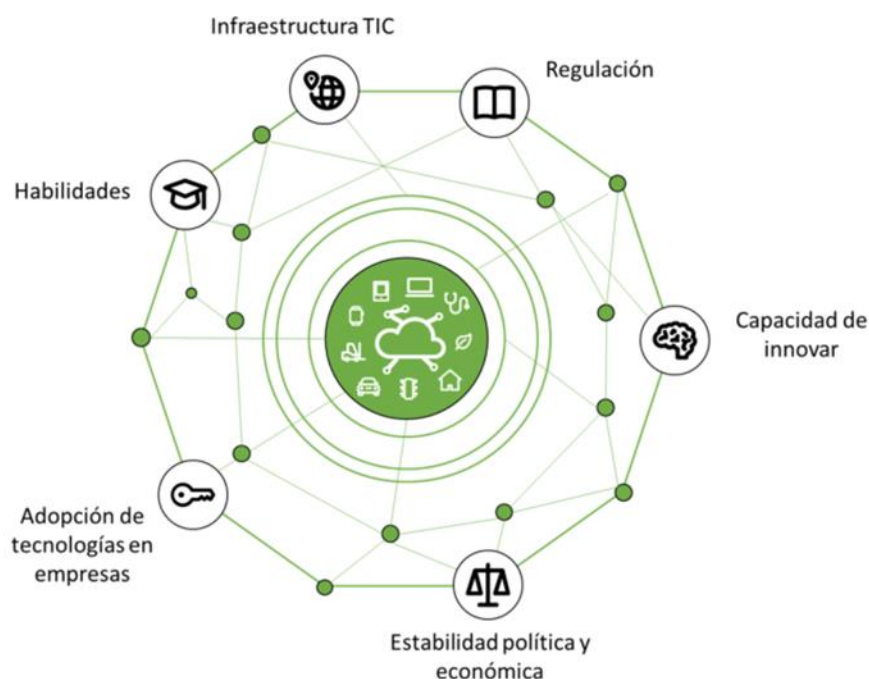


Figura 136. Indicadores para la identificación de barreras en la implantación del IoT

Como se puede observar, se han identificado seis áreas diferentes que sirven para medir la capacidad de desarrollo de sistemas y soluciones basadas en IoT dentro de un país. Estas áreas están concebidas para diferenciar la naturaleza de las potenciales barreras que se pueden encontrar los países en la implementación de soluciones basadas en IoT. La naturaleza de las barreras puede venir por:

- **Un déficit en los marcos político y económico del país.** La inversión en nuevos negocios digitales requiere de disponer de una estabilidad del país en aspectos básicos. Un Estado más estable y que da más facilidades y clarifica de mejor forma los procesos a llevar a cabo por empresas y usuarios, favorece un marco político y un ecosistema a favor del desarrollo.
- **Un déficit en las habilidades y las capacidades de los usuarios.** Aquellos usuarios una educación superior centrada en ciencias e ingenierías y con conocimientos técnicos suelen tener más facilidad para utilizar y promover en sus círculos el uso de tecnologías más innovadoras. Por este motivo los países con menos foco en retención de talento y menor disponibilidad en formación se arriesga a verse rezagado a la hora de aterrizar estas tecnologías.
- **Un déficit en el entorno de las TICs.** El déficit de conectividad y uso y adopción de los servicios basados en Internet es un problema a la hora de diseñar y desarrollar la economía de las aplicaciones. Las telecomunicaciones, junto con los dispositivos, forman la base sobre la que se apoya todo el sistema IoT. Si esta base no está lo suficientemente desarrollada, el país tendrá mayores dificultades para avanzar en un desarrollo económico y empresarial.
- **Un déficit en la capacidad y los medios para innovar.** El desarrollo de sistemas innovadores basados en tecnología IoT, requiere de mecanismos de formación y soporte a la innovación y el emprendimiento innovador. Un país que no cuente con fuentes de inversión desarrollará sus negocios digitales con dificultades añadidas.
- **Un déficit en el marco regulatorio.** Las políticas públicas, la regulación, la burocracia y el marco de Ciberseguridad pueden suponer una barrera legal al desarrollo del IoT. Si bien la regulación se debe orientar particularmente a la situación económica y empresarial del país, la actitud del gobierno y las instituciones públicas hacia el desarrollo de las TIC y la ciberseguridad juega un papel primordial en el desarrollo del IoT.
- **Un déficit en la adopción de tecnologías en empresas.** Por último, también se debe medir cuál es el grado de inclusión de tecnología por parte de las empresas. Es el indicador que toca de forma más directa el objetivo del índice y por tanto de especial interés en este caso. Si las empresas no creen en la transformación digital y no preparan sus presupuestos para el cambio y la adopción de nuevas tecnologías será imposible favorecer el desarrollo económico.

9.1.2 Selección de variables

Las variables son las unidades mínimas de información que forman parte del índice. En este apartado se presentan las 33 variables utilizadas en el estudio. A la hora de seleccionar las variables, se han tenido en cuenta dos aspectos:

- Relevancia. Se mide la cantidad de información que aporta la variable para entender el funcionamiento y el potencial digital de la economía del país.
- Validez para los países. Se debe tener en cuenta que las variables han de ser disponibles para los países y tener validez. Por esta razón, se ha recurrido a información de bases de datos que cubren éstos países, tales como el WEF, la ITU o Telegeography.

Para poder ubicar las variables en las dimensiones, aparte de seguir un criterio conforme a su significado conceptual, se ha realizado un estudio de correlación para hallar la mejor manera de introducir estas unidades.

Las variables, por tanto, forman los distintos puntos de actuación claves para fomentar el desarrollo del ecosistema de aplicaciones en los países prestatarios. Las escogidas para el desarrollo del índice son las siguientes.

Barrera	Variable	Fuente
Infraestructura TIC	Capacidad internacional (Mbps)	Telegeography
Infraestructura TIC	Penetración banda ancha móvil	ITU
Infraestructura TIC	Penetración banda ancha fija	ITU
Infraestructura TIC	Servidores de Internet seguros	World Economic Forum
Infraestructura TIC	Velocidad media de acceso a banda ancha	Akamai
Infraestructura TIC	Servicios <i>Cloud</i>	Huawei, Global Connectivity Index
Regulación	Cargos propiedad intelectual	GII/World Trade Organization
Regulación	Legislación de ciberseguridad	Global Cybersecurity Index
Regulación	Protección de la propiedad intelectual	GCI, WEF
Regulación	Eficacia de organismos legislativos	NRI, WEF
Regulación	Legislación relativa a las TIC	NRI, WEF
Capacidad para innovar	Gasto bruto en I+D	WB
Capacidad para innovar	Publicaciones científicas y técnicas	WB
Capacidad para innovar	Aplicaciones de patentes por residentes	WB
Capacidad para innovar	Investigadores I+D	WB
Situación política y económica	Visión de las instituciones públicas	GCI, WEF
Situación política y económica	Entorno político (efectividad de Gobierno)	GII/WB
Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of starting a business")	GII/WB
Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of resolving insolvency")	GII/WB
Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of paying taxes")	GII/WB
Adopción tecnologías en empresas	Exp. de actividades de medio/alto componente tec.	Comtrade de las UN
Adopción tecnologías en empresas	Inversión en <i>Big Data</i>	Huawei, Global Connectivity Index
Adopción tecnologías en empresas	Inversión en IoT	Huawei, Global Connectivity Index
Adopción tecnologías en empresas	Inversión en <i>Cloud</i>	Huawei, Global Connectivity Index
Adopción tecnologías en empresas	Disponibilidad de últimas tecnologías	NRI, WEF
Adopción tecnologías en empresas	Absorción tecnológica a nivel de empresa	NRI, WEF
Adopción tecnologías en empresas	Impacto de las TIC en los modelos de negocio	NRI, WEF
Habilidades	Educación superior	UNESCO
Habilidades	Graduados superiores en ciencias o ingeniería	GII/UNESCO
Habilidades	Disponibilidad de formación e investigación	WEF
Habilidades	Capacidad de retención de talento	WEF
Habilidades	% desarrolladores de software en la población	Stackoverflow y WB
Habilidades	Usuarios de Internet	ITU

Tabla 11. Detalle de indicadores y fuentes escogidas para conformar el índice

9.1.3 Detección de outliers y normalización

Una vez elegidas las variables y agregados los datos se realiza una detección de outliers y una normalización. La normalización se lleva a cabo porque, en general, las variables identificadas para el índice poseen unidades muy diversas y resulta imprescindible realizar una normalización mediante un escalado de las mismas. De esta forma se consigue uniformar la representación de los datos con el empleo de un mismo rango. La detección de outliers es necesaria en cualquier proceso de tratado de datos. Lo es más aun cuando las variables van a ser normalizadas, pues datos muy elevados o muy inferiores pueden “desajustar” la escala de la normalización y convertirla en un método que acaba por condicionar el análisis.

Ambos proceso se han realizado en paralelo intentando encontrar un compromiso, que refleje y simplifique, para el análisis de los datos, la realidad de los mismos. Para la normalización, se ha procedido a otorgar al índice del desarrollo del IoT un rango de valores de entre 1 y 8: 1 para el caso más desfavorable y 8 para el más favorable. La fórmula matemática de normalización depende de la naturaleza de cada variable. Se distinguen varios tipos de variables:

a) Aquellas variables normalizadas linealmente. Dentro de cada grupo se pueden identificar variables favorables (al valor máximo le corresponden la puntuación más alta) o desfavorables (el valor máximo tiene la puntuación mínima). La fórmula matemática de normalización, teniendo en cuenta el rango establecido entre 1 y 8, es la siguiente:

$$I_{i,j} = 7 * \frac{x_{i,j} - \min_j x_i}{\max_j x_i - \min_j x_i} + 1$$

Donde:

- $I_{i,j}$: es el valor del indicador i para el país j normalizado
- $x_{i,j}$: es el valor del indicador i para el país j sin normalizar
- $\min x_j x_i$: es el mínimo valor de los indicadores i para todos los países
- $\max x_j x_i$: es el máximo valor de los indicadores i para todos los países

b) Aquellas variables cuya distribución se expanda acercándose a una distribución exponencial o logarítmica y reflejen valores absolutos. Al igual que en el caso de normalización lineal, en el caso de variables exponenciales se emplea la siguiente normalización:

$$I_{i,j} = 7 * \frac{\log_{10}(x_{i,j}) - \log_{10}(\min_j x_i)}{\log_{10}(\max_j x_i) - \log_{10}(\min_j x_i)}$$

Donde:

- $I_{i,j}$: es el valor del indicador i para el país j normalizado
- $x_{i,j}$: es el valor del indicador i para el país j sin normalizar
- $\min x_j x_i$: es el mínimo valor de los indicadores i para todos los países
- $\max x_j x_i$: es el máximo valor de los indicadores i para todos los países

En algunas de las variables se encuentran datos que pueden ser considerados outliers. En el caso de encontrarlos, los outliers son eliminados y se consideran como máximo y mínimo los valores razonables. Tomando los valores de los outliers, el máximo o el mínimo valor dentro de la escala de normalización, según corresponda.

La siguiente tabla muestra el detalle del tipo de normalización y el número de outliers, en caso de que los hubiera.

Variable	Tipo de normalización	Outliers	Máx.	Mín.
Capacidad internacional (Mbps)	LOG	No	65.267.301	3,420
Penetración banda ancha móvil	LIN	No	144,05	0,16
Penetración banda ancha fija	LIN	No	44,79	-
Servidores de Internet seguros, por 1M de hab.	LOG	No	3.214,39	1,70
Velocidad media de acceso a banda ancha (Kbps)	LIN	Sí	23.539,78	552,36
Servicios Cloud	LIN	Sí	63,00	38,00
Cargos propiedad intelectual	LOG	Sí	5,40	0,20
Legislación de ciberseguridad	LIN	No	1,00	-
Protección de la propiedad intelectual	LIN	Sí	6,46	2,74
Eficacia de organismos legislativos	LIN	Sí	5,84	2,08
Legislación relativa a las TIC	LIN	Sí	5,95	2,73
Gasto bruto en I+D	LIN	No	0,04	0,00
Publicaciones científicas y técnicas	LOG	No	412.541,50	9,60
Aplicaciones de patentes por residentes	LOG	No	288.335,00	1,00
Investigadores I+D	LIN	No	8.255,40	26,74
Visión de las instituciones públicas	LIN	No	1,50	-1,30
Entorno político (efectividad de Gobierno)	LIN	No	2,00	-0,90
Entorno negocio ("Ease of starting a business")	LIN	No	100,00	62,90
Entorno negocio ("Ease of resolving insolvency")	LIN	No	93,90	23,60
Entorno negocio ("Ease of paying taxes")	LIN	No	94,40	21,40
Exp. de actividades de medio/alto componente tec.	LIN	Sí	26,88	-
Inversión en Big Data	LIN	No	10,00	2,00
Inversión en IoT	LIN	No	4,00	1,00
Inversión en Cloud	LIN	No	10,00	1,00
Adopción de nuevas tecnologías	LIN	No	6,60	3,33
Absorción tecnológica a nivel de empresa	LIN	No	6,17	3,54
Impacto de las TIC en los modelos de negocio	LIN	No	5,95	2,94
Educación superior	LIN	No	113,87	21,85
Graduados superiores en ciencias o ingenierías	LIN	Sí	31,90	12,00
Disponibilidad de formación e investigación	LIN	No	6,62	3,14
Capacidad de retención de talento	LIN	Sí	6,07	2,39
% desarrolladores de software en la población	LOG	No	0,02151	0,00006
Usuarios de Internet	LOG	No	98,20	12,20

Tabla 12. Detalle del tipo de normalización, outliers y máximos y mínimos de cada variable

En la tabla se pueden observar el tipo de normalización que ha sufrido la variable y si se han detectado outliers o no dentro de los datos que conforman la misma. También se indican los datos mayor y menor en cada una de las variables contempladas. En rojo se marcan aquellos datos que han sido identificados como outliers, por estar fuera de un rango razonable.

9.1.4 Correlación entre variables y distribución de pesos

Para la conformación del índice no todas las barreras identificadas tienen la misma aportación en cuanto al porcentaje que suponen del total.

El índice sobre el desarrollo de sistemas y soluciones IoT en los países ha sido conformado a raíz de seis barreras, como ya se ha comentado con anterioridad en alguno de los apartados de este estudio. Todas las barreras analizadas son importantes para identificar qué puede estar frenando el desarrollo de estos sistemas en los diferentes países, sin embargo no todas son vistas con la misma importancia. Por este motivo, se han asignado diferentes pesos a las distintas barreras que construyen el índice.

De la misma manera que las barreras, las variables, que se agrupan formando estos indicadores, tampoco tienen una distribución de pesos equitativa. Para establecer en qué medida entra en juego una variable a la hora de conformar una barrera se ha realizado un estudio de correlación entre las variables de una misma barrera. Para los casos en el que dos variables de una misma barrera tengan una correlación superior al 80%, el valor de ambas se divide, de forma que su combinación puntúe como una única variable en el peso total de la barrera.

Con todo esto, se obtiene una distribución de pesos para las barreras y variables que se muestra en la tabla siguiente:

Peso pilar	Pilar	Variable	Peso variable
0,20	Infraestructura TIC	Capacidad internacional (Mbps)	0,200
	Infraestructura TIC	Penetración banda ancha móvil	0,200
	Infraestructura TIC	Penetración banda ancha fija	0,100
	Infraestructura TIC	Servidores de Internet seguros	0,200
	Infraestructura TIC	Velocidad media de acceso a banda ancha	0,100
	Infraestructura TIC	Servicios <i>Cloud</i>	0,200
0,15	Regulación	Cargos propiedad intelectual	0,333
	Regulación	Legislación de ciberseguridad	0,333
	Regulación	Protección de la propiedad intelectual	0,111
	Regulación	Eficacia de organismos legislativos	0,111
	Regulación	Legislación relativa a las TIC	0,111
0,15	Capacidad para innovar	Gasto bruto en I+D	0,167
	Capacidad para innovar	Publicaciones científicas y técnicas	0,333
	Capacidad para innovar	Aplicaciones de patentes por residentes	0,333
	Capacidad para innovar	Investigadores I+D	0,167

Peso pilar	Pilar	Variable	Peso variable
0,15	Situación política y económica	Visión de las instituciones públicas	0,250
	Situación política y económica	Entorno político (efectividad de Gobierno)	0,125
	Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of starting a business")	0,250
	Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of resolving insolvency")	0,250
	Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of paying taxes")	0,125
0,20	Adopción tecnologías en empresas	Exp. de actividades de medio/alto componente tec.	0,200
	Adopción tecnologías en empresas	Inversión en <i>Big Data</i>	0,200
	Adopción tecnologías en empresas	Inversión en IoT	0,200
	Adopción tecnologías en empresas	Inversión en <i>Cloud</i>	0,200
	Adopción tecnologías en empresas	Disponibilidad de últimas tecnologías	0,067
	Adopción tecnologías en empresas	Absorción tecnológica a nivel de empresa	0,067
	Adopción tecnologías en empresas	Impacto de las TIC en los modelos de negocio	0,067
0,15	Habilidades	Educación superior	0,167
	Habilidades	Graduados superiores en ciencias o ingenierías	0,167
	Habilidades	Disponibilidad de formación e investigación	0,167
	Habilidades	Capacidad de retención de talento	0,167
	Habilidades	% desarrolladores de software en la población	0,167
	Habilidades	Usuarios de Internet	0,167

Tabla 13. Detalle de la distribución de pesos para las variables y barreras que conforman el índice

El análisis de la correlación que ayuda a determinar el peso de las variables que forman parte de las diferentes barreras se muestra en las siguientes figuras.

	Infraestructura TIC	Infraestructura TIC	Infraestructura TIC	Infraestructura TIC	Infraestructura TIC	Infraestructura TIC
	Capacidad internacional (Mbps)	Penetración banda ancha móvil	Penetración banda ancha fija	Servidores de Internet seguros, por cada millón de habitantes	Velocidad media de acceso a banda ancha (Kbps)	Servicios cloud
Infraestructura TIC	Capacidad internacional (Mbps)	29%	42%	32%	35%	55%
Infraestructura TIC	Penetración banda ancha móvil	29%	71%	64%	68%	63%
Infraestructura TIC	Penetración banda ancha fija	42%	71%	79%	84%	58%
Infraestructura TIC	Servidores de Internet seguros, por cada millón de habitantes	32%	64%	79%	75%	64%
Infraestructura TIC	Velocidad media de acceso a banda ancha (Kbps)	35%	68%	84%	75%	56%
Infraestructura TIC	Servicios cloud	55%	63%	58%	64%	56%

Tabla 14. Correlación existente entre las variables de la barrera "Infraestructura TIC"

		Regulación	Regulación	Regulación	Regulación	Regulación
		Cargos propiedad intelectual	Legislación de ciberseguridad	Protección de la propiedad intelectual	Eficacia de organismos legislativos	Legislación relativa a las TIC
Regulación	Cargos propiedad intelectual		-2%	26%	24%	18%
Regulación	Legislación de ciberseguridad	-2%		50%	46%	58%
Regulación	Protección de la propiedad intelectual	26%	50%		87%	89%
Regulación	Eficacia de organismos legislativos	24%	46%	87%		84%
Regulación	Legislación relativa a las TIC	18%	58%	89%	84%	

Tabla 15. Correlación existente entre las variables de la barrera "Regulación"

		Capacidad para innovar	Capacidad para innovar	Capacidad para innovar	Capacidad para innovar
		Gasto bruto en I+D	Publicaciones científicas y técnicas (cada 1.000.000 hab.)	Aplicaciones de patentes por residentes (cada 1.000.000 hab.)	Investigadores I+D (cada 1000000 hab.)
Capacidad para innovar	Gasto bruto en I+D		33%	45%	89%
Capacidad para innovar	Publicaciones científicas y técnicas (cada 1.000.000 hab.)	33%		79%	17%
Capacidad para innovar	Aplicaciones de patentes por residentes (cada 1.000.000 hab.)	45%	79%		23%
Capacidad para innovar	Investigadores I+D (cada 1000000 hab.)	89%	17%	23%	

Tabla 16. Correlación existente entre las variables de la barrera "Capacidad para innovar".

		Situación política y económica	Situación política y económica	Situación política y económica	Situación política y económica	Situación política y económica
		Visión de las instituciones públicas	Entorno político (efectividad de Gobierno)	Entorno negocio ("Ease of starting a business")	Entorno negocio ("Ease of resolving insolvency")	Entorno negocio ("Ease of paying taxes")
Situación política y económica	Visión de las instituciones públicas		79%	63%	64%	76%
Situación política y económica	Entorno político (efectividad de Gobierno)	79%		70%	79%	81%
Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of starting a business")	63%	70%		61%	76%
Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of resolving insolvency")	64%	79%	61%		66%
Situación política y económica	Entorno negocio ("Ease of paying taxes")	76%	81%	76%	66%	

Tabla 17. Correlación existente entre las variables de la barrera "Situación política y económica"

		Adopción tecnologías en empresas	Adopción tecnologías en empresas	Adopción tecnologías en empresas	Adopción tecnologías en empresas	Adopción tecnologías en empresas	Adopción tecnologías en empresas	Adopción tecnologías en empresas
	Exportación de actividades de medio/alto componente tecnológico		Inversión en big data	Inversión en IoT	Inversión en Cloud	Disponibilidad de últimas tecnologías	Absorción tecnológica a nivel de empresa	Impacto de las TIC en los modelos de negocio
Adopción tecnologías en empresas	Exportación de actividades de medio/alto componente tecnológico		51%	65%	40%	49%	51%	51%
Adopción tecnologías en empresas	Inversión en big data	51%		54%	57%	57%	50%	46%
Adopción tecnologías en empresas	Inversión en IoT	65%	54%		54%	75%	73%	69%
Adopción tecnologías en empresas	Inversión en Cloud	40%	57%	54%		57%	60%	47%
Adopción tecnologías en empresas	Disponibilidad de últimas tecnologías	49%	57%	75%	57%		95%	93%
Adopción tecnologías en empresas	Absorción tecnológica a nivel de empresa	51%	50%	73%	60%	95%		90%
Adopción tecnologías en empresas	Impacto de las TIC en los modelos de negocio	51%	46%	69%	47%	93%	90%	

Tabla 18. Correlación existente entre las variables de la barrera “Adopción de tecnologías en empresas”

	Habilidades	Habilidades	Habilidades	Habilidades	Habilidades	Habilidades
	Educación superior	Graduados superiores en programas de ciencias o ingenierías	Disponibilidad de formación e investigación	Capacidad de retención de talento	% software developers en la población	Usuarios de Internet
Habilidades	Educación superior		39%	36%	29%	68%
Habilidades	Graduados superiores en programas de ciencias o ingenierías	39%		25%	1%	23%
Habilidades	Disponibilidad de formación e investigación	36%	25%		76%	74%
Habilidades	Capacidad de retención de talento	29%	1%	76%		62%
Habilidades	% desarrolladores de software en la población	49%	23%	74%	62%	
Habilidades	Usuarios de Internet	68%	36%	73%	54%	77%

Tabla 19. Correlación existente entre las variables de la barrera “Habilidades”.



cet.la
Centro de Estudios de
Telecomunicaciones
de América Latina

Deloitte.



El Centro de Estudios de Telecomunicaciones de
América Latina es una iniciativa de ASIET.