



# EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLOGICO  
NACIONAL DE MEXICO



# CIUDADES

# Inteligentes

E INTERNET DE LAS COSAS

PROPUESTAS Y CASOS DE USO

#### Coordinadores:

José Gabriel Rodríguez Rivas

Rubén Pizarro Gurrola

Jeorgina Calzada Terrones

Marco Antonio Rodríguez Zúñiga



PRIMERA EDICIÓN



# Ciudades inteligentes e Internet de las cosas: Propuestas y casos de uso

**Coordinadores:**

José Gabriel Rodríguez Rivas

Rubén Pizarro Gurrola

Jeorgina Calzada Terrones

Marco Antonio Rodríguez Zúñiga

Docentes del Tecnológico Nacional de México del Instituto

Tecnológico de Durango

**Febrero 2022**

ISBN: 978-607-8730-42-1

9 786078 730421

Primera edición: febrero 2022 ©

José Gabriel Rodríguez Rivas  
Rubén Pizarro Gurrola  
Jeorgina Calzada Terrones  
Marco Antonio Rodríguez Zúñiga

Editado en Durango, Dgo, México

Cuidaron la edición:

Universidad Pedagógica de Durango

Instituto Tecnológico de Durango

Diseño editorial

Luis Fernando Galindo Vargas

D.R. José Gabriel Rodríguez Rivas, Rubén Pizarro Gurrola, Jeorgina Calzada Terrones, Marco Antonio Rodríguez Zúñiga

D.R. Universidad Pedagógica de Durango

ISBN: 978-607-8730-42-1

ISBN 978-607-8730-42-1



## Autores

Adriana Verónica Rivas Galindo  
Carlos Eduardo Meraz Castro  
Claudia Lorena Pineda Orozco  
Cristal María Carrera Castro  
Diana Concepción Gómez de la Torre  
Diana Rosalía Refugio Gálvez Rodríguez  
Dora Mireya Vásquez Rentería  
Édel Pérez Esparza  
Gilda Zumarán Aguilar  
Jeorgina Calzada Terrones  
José Gabriel Rodríguez Rivas  
Karina Salcido Meráz  
Luis Fernando Galindo Vargas  
María del Socorro Guadalupe Medina Rosales  
María del Socorro Solano Arellano  
Nasby Lisset Carrete Vargas  
Netzahualcóyotl Bocanegra Vergara  
Omar David Almaraz Rodríguez  
Oscar Treviño Maese  
Rubén Pizarro Gurrola

## Comité científico dictaminador

M.C. Osbaldo Aragón Banderas

TecNM / Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos

M.C. Jesús Leonel Arce Valdez

TecNM / Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos

D.C.C. Blanca Cecilia López Ramírez

TecNM / Instituto Tecnológico de Roque

M.T.L. Alfredo Orrico Sánchez

Universidad Tecnológica de Durango

Ing. Brenda Rivas Fernández

TecNM / Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos

M.S.L. Luis Ramón Sánchez Rico

TecNM / Instituto Tecnológico de Roque

M.C. Francisco Vázquez Guzmán

TecNM / Instituto Tecnológico de Tehuacán

M.T.I. Eduardo Vázquez Zayas

TecNM / Instituto Tecnológico de Tehuacán

## Capítulos

### **Capítulo 1. Internet de las cosas aplicado en ciudades inteligentes**

L.I. Claudia Lorena Pineda Orozco

L.I. Adriana Verónica Rivas Galindo

Dr. José Gabriel Rodríguez Rivas

### **Capítulo 2. Smart cities: una propuesta para la ciudad de Durango**

I.S.C. Cristal María Carrera Castro

I.SC. Diana Rosalía Refugio Gálvez Rodríguez

Dr. Omar David Almaraz Rodríguez

### **Capítulo 3. De pueblo mágico hacia una ciudad inteligente**

I.S.C. Gilda Zumarán Aguilar

Dr. Netzahualcóyotl Bocanegra Vergara

Dr. Édel Pérez Esparza

### **Capítulo 4. Internet de las cosas aplicada en la salud**

L.I. Diana Concepción Gómez de la Torre

M.A.S.I. Rubén Pizarro Gurrola

Dr. Oscar Treviño Maese

## **Capítulo 5. Internet de las cosas en la salud: monitoreo y seguimiento de pacientes crónicos en el hogar**

I.S.C. María del Socorro Solano Arellano

I.S.C. Dora Mireya Vásquez Rentería

M.E. Luis Fernando Galindo Vargas

## **Capítulo 6. Implementación del internet de las cosas para optimizar procesos en aeropuertos**

L.I. Nasby Lisset Carrete Vargas

L.I. Jeorgina Calzada Terrones

M.C. Carlos Eduardo Meraz Castro

## **Capítulo 7. Internet de las cosas para eficientizar procesos de almacenamiento, trazabilidad y entrega de mercancías**

L.I. María del Socorro Guadalupe Medina Rosales

L.I Karina Salcido Meraz

Dr. José Gabriel Rodríguez Rivas

## Índice

Autores .....	4
Comité científico dictaminador .....	5
Capítulos .....	6
Índice .....	8
Índice de figuras .....	15
Prólogo .....	19
Capítulo 1. Internet de las cosas aplicado en ciudades inteligentes .....	22
Introducción .....	22
Objetivo general .....	25
Objetivos específicos .....	25
Marco teórico .....	26
Internet de las cosas (IoT) .....	26
Internet de las cosas médicas (IoMT) .....	26
Internet de las cosas industrial (IIoT) .....	27
IoT en la ganadería .....	28
IoT en la agricultura .....	29
Ciudades inteligentes .....	29
Desarrollo .....	33
Copenhague, Dinamarca .....	34
Santander España .....	34
Propuesta .....	35
Sensor inalámbrico de detección de espacio de estacionamiento .....	37
Aplicación SmartParkDgo .....	40

Uso de la aplicación .....	41
Comparación SmartParkDgo y Parkimovil .....	47
Conclusiones .....	49
Referencias .....	51
<b>Capítulo 2. Smart cities: una propuesta para la ciudad de Durango .....</b>	<b>54</b>
Introducción .....	54
Destino turístico inteligente .....	55
Objetivo general .....	59
Objetivos específicos .....	59
Marco teórico .....	59
Evolución de internet hacia el internet de las cosas .....	59
Tipos de interacciones en internet de las cosas .....	61
Conexiones M2M .....	61
Conexiones M2P .....	61
Conexiones P2P .....	62
Smart city .....	63
Elementos de una smart city .....	66
Casos de éxito de ciudades inteligentes .....	67
Desarrollo .....	69
Durango .....	69
Propuesta .....	71
Turista inteligente en Durango .....	75
Iluminación inteligente .....	79
Conclusiones .....	82
Referencias .....	83

Capítulo 3. De pueblo mágico hacia una ciudad inteligente .....	87
Introducción .....	87
Objetivo general .....	89
Objetivos específicos .....	89
Marco teórico .....	90
Redes informáticas .....	90
Internet .....	91
Internet de las cosas (IoT) .....	92
Recursos de internet de las cosas .....	95
Aplicaciones de IoT .....	97
Tecnologías relacionadas con IoT .....	98
Ciudades inteligentes .....	99
México, con el potencial “smart” .....	100
Agricultura de precisión y agricultura inteligente .....	102
Desarrollo .....	103
Regiones mezcaleras en México .....	104
Caso Tequila en México .....	105
El mezcal de Durango .....	105
IoT como propuesta para campo inteligente .....	107
¿Cómo cultivar agave? .....	112
¿Qué es lo que se necesita para hacer más inteligente al campo? .....	114
Construyendo una propuesta IoT para cultivo del mezcal .....	115
Conclusiones .....	118
Referencias bibliográficas .....	119
Capítulo 4. Internet de las cosas aplicada en la salud .....	123

Introducción .....	123
Objetivo general .....	126
Objetivos específicos .....	126
Marco teórico .....	128
Internet .....	128
Internet de las cosas (IoT) .....	128
Telemetría .....	141
Telemedicina .....	142
Aplicaciones de internet de las cosas (IoT) en la salud .....	144
Desarrollo .....	154
Atención médica especializada remota .....	157
Consulta de pacientes crónico-degenerativos por videoconferencia .....	158
Monitoreo a pacientes con padecimientos crónicos .....	159
Conclusiones .....	163
Referencias bibliográficas .....	164
Capítulo 5. Internet de las cosas en la salud: monitoreo y seguimiento de pacientes crónicos en el hogar .....	170
Introducción .....	170
Objetivo general .....	172
Objetivos específicos .....	172
Marco teórico .....	173
Áreas de desafío para el internet de las cosas .....	173
Introducción a telemedicina .....	175
Beneficios de la telemedicina .....	179
Telemedicina en México .....	180

Telemonitoreo.....	182
Internet de las cosas médicas IoMT .....	183
Redes sociales para el análisis predictivo de enfermedades .....	185
Oportunidades en telesalud .....	185
Tecnologías de IoT en la salud .....	187
Red de área personal inalámbrica (WPAN) .....	187
Redes de área corporal (BAN) .....	187
Sensores ingeribles.....	189
Vendajes inteligentes.....	191
Plantillas inteligentes.....	192
Desarrollo .....	193
Propuesta de IoT en el sector salud .....	193
Propuesta de trabajo .....	198
Tecnologías, recursos entre otros a utilizar .....	200
Conclusiones .....	202
Referencias .....	204
Capítulo 6. Implementación del internet de las cosas para optimizar procesos en aeropuertos .....	209
Introducción .....	209
Objetivo general .....	211
Objetivos específicos .....	211
Marco Teórico .....	212
Internet de las cosas .....	212
Pilares del IdC .....	213
Tecnologías inalámbricas .....	215

Sistema aeroportuario mexicano.....	218
Grupos aeroportuarios concesionados .....	219
Proceso de documentación Aeroméxico .....	221
Tipos de documentación .....	222
Desarrollo .....	223
Seguimiento de maletas en tiempo real.....	223
Imaginando el aeropuerto del futuro .....	226
Propuesta .....	226
Conclusiones.....	235
Referencias .....	236
Capítulo 7. Internet de las cosas para eficientizar procesos de almacenamiento, trazabilidad y entrega de mercancías.....	238
Introducción .....	238
Objetivo general .....	240
Objetivos específicos .....	240
Marco teórico.....	241
Internet de las cosas .....	241
Evolución del internet al internet de las cosas .....	242
Sistemas de posicionamiento global GPS .....	243
Hand held.....	244
Tecnologías inalámbricas .....	246
NFC.....	248
RFID .....	249
Trazabilidad .....	251
Tecnologías y aplicaciones utilizadas de internet de las cosas en logística .	255

Modelos de internet de las cosas en un entorno logístico .....	256
Desarrollo .....	258
Análisis y estructura de la empresa .....	258
Propuesta de trabajo .....	261
Proceso para llevar a cabo .....	261
Descripción de cómo llevarlo a cabo .....	263
Conclusiones .....	273
Referencias .....	275

## Índice de figuras

Figura 1. Dimensiones de los KPI para las ciudades inteligentes y sostenibles ....	30
Figura 2. Las dimensiones de la ciudad inteligente .....	33
Figura 3. Sensor de estacionamiento inteligente.....	38
Figura 4. Transmisor y sensor de estacionamiento .....	40
Figura 5. Inicio App Smart ParkDGO .....	41
Figura 6. Registro de usuario Smart ParkDGO .....	42
Figura 7. Inicio de sesión Smart ParkDGO .....	42
Figura 8. Opción de búsqueda.....	43
Figura 9. Menú de opciones.....	43
Figura 10. Información de estacionamiento .....	44
Figura 11. Método de pago .....	44
Figura 12. Editar método de pago .....	45
Figura 13. Datos del vehículo .....	45
Figura 14. Editar datos de usuario.....	46
Figura 15. Información de la aplicación.....	46
Figura 16. App Parkimovil .....	47
Figura 17. Áreas de actuación DTI .....	56
Figura 18. Pilares y beneficios de un territorio turístico.....	58
Figura 19. Pirámide transición de los datos a la sabiduría .....	60
Figura 20. Conexión M2M .....	61
Figura 21. Conexiones M2P .....	62
Figura 22. Integración de las conexiones M2M, M2P, P2P .....	62
Figura 23. Actividades inteligentes en la ciudad de Tel Aviv, Israel .....	68
Figura 24. Grado de escolaridad y analfabetismo en Durango .....	70
Figura 25. Principales actividades económicas del Estado .....	71
Figura 26. Pantalla de inicio “Turista inteligente en Durango” .....	76
Figura 27. Elementos de la aplicación.....	77
Figura 28. Opción centro histórico .....	78
Figura 29. Opción transporte público .....	79

Figura 30. Columna de iluminación shuffle .....	80
Figura 31. Funcionamiento del sistema de alumbrado público conectado .....	81
Figura 32. Porcentaje de adopción de tecnología 2000-2019. ....	92
Figura 33. Tendencias de IoT y dispositivos conectados por actividad .....	93
Figura 34. IoT y otros conceptos relacionados. ....	94
Figura 35. Algunas problemáticas en ciudades. ....	101
Figura 36. Ciudades inteligentes .....	105
Figura 37. Infraestructura IoT, almacenamiento y visualización de datos .....	117
Figura 38. Conexiones de infraestructura ZigBee. ....	117
Figura 39. Número de dispositivos conectados a internet 2020.....	130
Figura 40. Aplicaciones de internet de las cosas (IoT) .....	132
Figura 41. Uso de telemetría como conexión M2M de IoT .....	136
Figura 42. Conexiones máquina - persona M2P .....	137
Figura 43. Cisco collaboration meeting rooms.....	138
Figura 44. Sensores en casa. ....	139
Figura 45. Monitoreo de ritmos cardiacos usando wifi .....	142
Figura 46. Atención remota a través de telemedicina .....	144
Figura 47. Píldora inteligente .....	147
Figura 48. Lente de contacto con sensor integrado .....	148
Figura 49. Hospital inteligente.....	150
Figura 50. IoT para tratamiento de EPOC con diversos sensores .....	152
Figura 51. Módulo de un sistema para monitoreo de EPOC .....	153
Figura 52. Arquitectura de sistema usando IoT para patrones de COVID-19 .....	154
Figura 53. La telemedicina en instituciones públicas .....	159
Figura 54. Parche inteligente .....	160
Figura 55. Reloj inteligente .....	161
Figura 56. Telemedicina .....	176
Figura 57. Quiosco de salud integral mercher .....	182
Figura 58. Telemonitoreo .....	183
Figura 59. Ámbitos IoMT .....	186
Figura 60. Red de área corporal aplicado en servicios de salud .....	189

Figura 61. Píldora ingerible proteus.....	190
Figura 62. Pillcam colon .....	191
Figura 63. Vendaje inteligente .....	192
Figura 64. Plantilla inteligente .....	193
Figura 65. Páncreas artificial Medtronic .....	197
Figura 66. Metodología algoritmo de control.....	199
Figura 67. Metodología empleada en la propuesta .....	200
Figura 68. Funcionamiento páncreas artificial .....	201
Figura 69. Nacimiento de internet de las cosas .....	212
Figura 70. Pilares del IdC .....	213
Figura 71. Transformación de datos en sabiduría .....	214
Figura 72. Funcionamiento RFID .....	216
Figura 73. Etiqueta activa RFID .....	217
Figura 74. Etiqueta pasiva RFID .....	218
Figura 75. Banda transportadora equipada con sensores y semáforo.....	224
Figura 76. Imagen de mostrador en aeropuertos .....	228
Figura 77. Etiqueta RFID .....	229
Figura 78. Impresora de etiquetas RFID .....	229
Figura 79. Lector RFID .....	230
Figura 80. Aplicación móvil de documentación de equipaje .....	231
Figura 81. Notificación móvil abordaje de equipaje .....	232
Figura 82. Notificación de llegada de equipaje .....	234
Figura 83. Diagrama de despliegue.....	239
Figura 84. Fecha estimada del “nacimiento” del Internet de las cosas .....	243
Figura 85. Constelación de satélites GPS.....	244
Figura 86. Handheld .....	246
Figura 87. Características de redes inalámbricas .....	247
Figura 88. Principio de funcionamiento RFID .....	249
Figura 89. Elementos de la etiqueta RFID .....	250
Figura 90. Trazabilidad en cadena de suministro de paquetería.....	252
Figura 91. Estructura de un sistema de trazabilidad a través de IoT. ....	254

Figura 92. Arquitectura EPCglobal .....	257
Figura 93. Diferentes configuraciones de un camión .....	258
Figura 94. Fotografía de bodega Tresguerras .....	259
Figura 95. Área de embarque y portón de salida/entrada de mercancía .....	259
Figura 96. Diagrama de accesos de mercancías .....	260
Figura 97. Área de documentación y embarques .....	260
Figura 98. Recepción de mercancía con RFID .....	264
Figura 99. Diagrama de implementación RFID en la recepción de embarques ...	265
Figura 100. Arquitectura de recepción de mercancías con lectores RFID .....	266
Figura 101. Portal RFID de entrada y salida de mercancía .....	267
Figura 102. Tipos de terminales móviles para etiquetas RFID .....	268
Figura 103. Impresora de etiquetas RFID .....	268
Figura 104. Lector speedway RFID para unidades de reparto .....	270
Figura 105. Aplicación Tresguerras .....	271
Figura 106. Aplicación de búsquedas de mercancías en área ocurre .....	273

## Prólogo

**Dr. José Gabriel Rodríguez-Rivas**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[gabriel.rodriguez@itdurango.edu.mx](mailto:gabriel.rodriguez@itdurango.edu.mx)

Este libro se integró a partir de los trabajos académicos realizado por exalumnos que formaron parte de los cursos de titulación relacionados con “ciencia de los datos e internet de las cosas”, ofrecidos en el Instituto Tecnológico de Durango (ITD) durante los años 2018 y 2019. Cabe mencionar que el ITD cuenta con el cuerpo académico en formación “Desarrollo de Tecnologías de Información basada en ciencia de los datos” con clave PRODEP “ITDUR-CA-14”, que tiene como objetivo generar productos académicos de investigación, vinculación y difusión que sean innovadores para encarar los nuevos retos que enfrentan las empresas y organizaciones.

Esta obra da continuidad al libro titulado *Ciencia de los Datos: Propuestas y casos de uso* con registro ISBN 978-607-8730-10-0, y refleja las aportaciones de la producción académica de exalumnos, docentes y docentes-investigadores. Cada uno de los capítulos fueron realizados y modificados por sus autores y coautores. Después, en un proceso de mejora fueron editados, modificados y actualizados por los coordinadores del libro. Posteriormente, fueron puestos a un proceso de dictaminación por parte de un cuerpo científico integrado por docentes de diferentes instituciones educativas de nivel superior, quienes se encargaron de realizar las modificaciones y observaciones para dar validez y mejorar la calidad de los capítulos. Finalmente, se realizaron los ajustes necesarios de acuerdo con las sugerencias realizadas por el comité dictaminador.

Los invitamos a leer con pasión el esfuerzo realizado en conjunto por los autores quienes, desde su punto de vista particular, aportan con gran visión en temas de actualidad y gran relevancia como lo son las ciudades inteligentes y el internet de las cosas. El libro consta de 7 capítulos de los cuales los primeros tres hacen referencia a las ciudades inteligentes, y el resto se centra en la aplicación de tecnologías del internet de las cosas en diferentes sectores productivos.

En el capítulo 1, internet de las cosas aplicado en ciudades inteligentes; los autores Claudia Lorena Pineda Orozco, Adriana Verónica Rivas Galindo y José Gabriel Rodríguez Rivas, realizan una revisión sobre el concepto de internet de las cosas y su aplicación en diferentes sectores, incluido en las ciudades inteligentes. Adicionalmente, exponen a grandes rasgos las ventajas de dos de las ciudades más inteligentes de Europa. Al final hacen una propuesta de estacionamientos inteligentes para aplicarlo en la ciudad de Durango, Durango.

En el capítulo 2, Smart cities una propuesta para Durango; las autoras Cristal María Carrera Castro, Diana Rosalía Refugio Gálvez Rodríguez y Omar David Almaraz Rodríguez, describen las interacciones en internet de las cosas, identificando los tipos de conexiones. Así mismo, identifican los elementos de las ciudades inteligentes y de los destinos turísticos inteligentes. Para fortalecer el concepto de ciudad inteligente hacen una revisión de casos de éxito en ciudades en diferentes partes del mundo. Finalmente, como complemento del capítulo anterior, realizan una propuesta relacionada con el turismo inteligente.

En el capítulo 3, de pueblo mágico a ciudad inteligente; los autores Gilda Zumarán Aguilar, Netzahualcóyotl Bocanegra Vergara y Édel Pérez Esparza, revisan conceptos relacionados con la agricultura de precisión y la agricultura inteligente con la finalidad de realizar una propuesta de aplicación en un pueblo mágico del estado de Durango que, además es un importante productor de Mezcal, y de esta forma realizar los primeros pasos para iniciar el proceso de transformación hacia una ciudad inteligente.

En el capítulo 4, internet de las cosas aplicada en la salud; los autores Diana Concepción Gómez de la Torre, Rubén Pizarro Gurrola y Oscar Treviño Maese, presentan temas acerca de la telemedicina, telemetría, y aplicaciones de internet de las cosas aplicadas en la salud para el monitoreo de pacientes en el hogar, y la atención médica especializada. Por otra parte, los autores realizan una propuesta de aplicación en el sector salud para una atención médica especializada de manera remota, la consulta de pacientes con enfermedades crónico-degenerativas y el monitoreo de pacientes.

En el capítulo 5, internet de las cosas en la salud: monitoreo y seguimiento de pacientes crónicos en el hogar; los autores María del Socorro Solano Arellano, Dora Mireya Vásquez Rentería y Luis Fernando Galindo Vargas, realizan una interesante revisión de conceptos relacionado con el Internet de las cosas médicas (IoMT), en la cual incluyen diferentes tecnologías como las redes de área corporal, y redes área personal inalámbrica, telemedicina y telesalud con la finalidad de dar a conocer, como las nuevas tecnologías ayudan a los pacientes, a las familias de los pacientes, a los médicos y al sector salud a mejorar los procesos para el cuidado de la salud. Así mismo, realizan una interesante propuesta de uso de un páncreas artificial en el sector salud mexicano, basándose en proyectos existentes como el OpenAPS (Open Artificial Pancreas System).

En el capítulo 6, implementación del internet de las cosas para optimizar procesos en aeropuertos; los autores Nasby Lisset Carrete Vargas, Jeorgina Calzada Terrones y Carlos Eduardo Meraz Castro, realizan una revisión de los pilares del internet de las cosas. Además, mencionan algunas tecnologías inalámbricas necesarias para realizar su propuesta enfocada a realizar un seguimiento en tiempo real de las maletas en los aeropuertos. La propuesta va enfocada a reducir la pérdida de maletas, y los reclamos de los usuarios, y de esta manera reducir las pérdidas económicas de las aerolíneas por este concepto.

En el capítulo 7, internet de las cosas para eficientizar procesos de almacenamiento, trazabilidad y entrega de mercancías; los autores María del Socorro Guadalupe Medina Rosales, Karina Salcido Meraz y José Gabriel Rodríguez Rivas, se enfocan en revisar las tecnologías inalámbricas que le permitan realizar un sistema de trazabilidad de mercancías que permita obtener su ubicación y seguimiento en tiempo real, para su implementación en una empresa de servicios de paquetería, mensajería y carga consolidada, logrando reducir errores en los envíos y entregas, además de optimizar los tiempos. Se resalta el concepto de trazabilidad conectada, mediante la implementación de etiquetas RFID en las mercancías que contribuirá en mejorar la logística.

## Capítulo 1. Internet de las cosas aplicado en ciudades inteligentes

**L.I. Claudia Lorena Pineda Orozco**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[02040923@itduran.edu.mx](mailto:02040923@itduran.edu.mx)

**L.I. Adriana Verónica Rivas Galindo**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[00041275@itduran.edu.mx](mailto:00041275@itduran.edu.mx)

**Dr. José Gabriel Rodríguez-Rivas**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[gabriel.rodriguez@itduran.edu.mx](mailto:gabriel.rodriguez@itduran.edu.mx)

### Introducción

En los últimos años, las personas se están mudando a las grandes ciudades en busca de mejores oportunidades y mejores ingresos. El 54% de la población mundial está viviendo en áreas urbanas, y se espera que la población mundial que vive en ciudades aumente al 66% para el año 2050. Además, a partir de 2014, hay 28 megaciudades en el mundo, albergando a 453 millones de personas. La migración a las ciudades genera una gran variedad de problemas, entre los que se pueden mencionar: escasez de servicios básicos, crisis ambientales, falta de empleo y niveles crecientes de contaminación (ITU, 2016).

Una Ciudad Inteligente y sostenible es una ciudad que utiliza las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), dirigidas a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, y que de manera obligada tendría que preservar el cuidado del medio ambiente y la reducción de la desigualdad social (Alvarado, 2018).

Para Bouskela, Casseb, Bassi, De Luca, y Facchina (2016), una ciudad inteligente se caracteriza por poner a las personas como el centro de desarrollo, incorporando las TIC en la gestión urbana para estimular la formación de un

gobierno eficiente que genere procesos de planificación colaborativa y participación ciudadana, promoviendo un desarrollo integrado y sostenible.

Y de acuerdo con el Grupo Temático sobre Ciudades inteligentes y sostenibles (FG-SSC), una ciudad inteligente se define como (ITU, 2020):

*"Una Ciudad Inteligente y Sostenible es una ciudad innovadora que aprovecha las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia del funcionamiento y los servicios urbanos y la competitividad, al tiempo que se asegura de que responde a las necesidades de las generaciones presente y futuras en lo que respecta a los aspectos económicos, sociales, medioambientales y culturales".*

Por otra parte, *El internet de las cosas (IdC), o internet of everthing (IoT)*, representa la primera evolución del Internet, entendiéndose como la capacidad de conectar cualquier objeto o dispositivo a internet, permitiendo conectar desde sensores pequeñísimos implantados en plantas, animales y fenómenos geológicos (Evans, 2011).

La capacidad de IoT de conectar a Internet más objetos que personas, permitirá percibir, recolectar, transmitir, analizar y distribuir datos, automatizando procesos para hacerlos más inteligentes y mejorando la calidad de vida de las personas (Evans, 2011). En este sentido, el IoT ofrece grandes posibilidades en el ámbito de las ciudades inteligentes.

Actualmente, la innovación es considerada como uno de los factores de desarrollo en los países más avanzados. La innovación no consiste únicamente en la incorporación de tecnología, sino que también debe ayudar a prever las necesidades de los mercados y a detectar los nuevos productos, procesos y servicios de mayor calidad, generando nuevas prestaciones con el menor costo posible. La innovación hace necesaria la reacción ante los cambios que impone el mercado globalizado.

Como es bien conocido, la innovación tecnológica juega un papel cada vez más importante como factor de competitividad de las empresas y garantiza un mejor funcionamiento. Por eso es necesario llevar a cabo una propuesta de mejora para el control de estacionamientos publicos en la ciudad de Durango, controlando el flujo de vehículos y la capacidad que tiene cada caja de estacionamiento para alojar un coche. Teniendo el debido control de flujo se garantiza un orden y una adecuada gestión de estacionamientos, evitando a los usuarios el estrés debido a las filas y congestionamientos que se presentan por falta de información de espacios disponibles, accidentes y que se genere menos contaminación ambiental, y retrasos a la hora de realizar sus actividades debido al tiempo que se demoran en conseguir un espacio disponible.

Es por ello que brindar información detallada mediante un aplicación de los espacios disponibles en el centro histórico de la ciudad o en un centro comercial es de vital importancia y su necesidad cada dia es mas notoria, por ello la necesidad de contar con un sistema de estacionamiento inteligente.

Por otra parte, debemos considerar que el propósito general de cualquier proyecto de Internet de las Cosas es hacer la vida más fácil a las personas y a las empresas e instituciones. Dentro de este contexto, los sistemas de estacionamientos inteligentes tienen varias ventajas que no son exclusivamente para los conductores, sino también para los propietarios de estacionamiento y para el público en general. Enseguida se mencionan tres beneficios importantes (Rosales, 2016).

- 1. Reducir el tiempo de búsqueda de estacionamiento.** En este sentido, debemos considerar que el conductor debe conducir en los alrededores del sitio de interés, con la esperanza de encontrar un lugar de estacionamiento disponible, por lo tanto, con un aplicación puede conducir directamente a una ubicación o lugar libre y pagar de forma automatica. Esto no solo se traduce en ahorro de tiempo y combustible, sino tambien liberar al conductor del estrés que implica la busqueda de un espacio disponible para estacionarse.

2. **Mejora del medio ambiente.** Como se menciono en el punto anterior, se evita que el conductor maneje a los alrededores con el fin de encontrar un lugar disponible de estacionamiento, lo que en consecuencia genera una reduccion en la emision de humos contaminantes y ruido lo que genera una mayor proteccion al ambiente.
3. **Registro de datos.** El uso de una aplicación para controlar los estacionamientos indudablemente generara una gran cantidad de datos. Estos datos pueden ser de gran beneficio si se realizan analisis de la informacion que pueda responder a las interrogantes ¿Cuáles son las zonas mas congestionadas o demandadas?, ¿Cuáles son las horas donde se registra mayor demanda?, ¿Cantidad de vehiculos que circulan por determinada calle?, entre otras. Esto da origen a que se generen diferentes estrategias de precios.

## Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión de zonas de estacionamiento inteligente, usando tecnologías IoT para brindar una mayor comodidad a los usuarios al momento de estacionar sus vehículos.

## Objetivos específicos

- Realizar una revisión de ciudades inteligentes en el mundo.
- Revisar conceptos y tecnologías necesarias para que una ciudad se vuelva inteligente.
- Diseñar un sistema de permite agilizar los espacios en las zonas de estacionamiento mediante del uso de tecnologías IoT.
- Diseñar una aplicación móvil para que los usuarios accedan al mapa del estacionamiento para ver la disponibilidad de estos.

- Diseñar un sistema que permita conocer el estado de cada espacio dentro del estacionamiento.
- Diseñar una base de datos para almacenar la información obtenida en cada estacionamiento y de los usuarios.
- Diseñar un sistema que guie a los usuarios dentro de la zona del estacionamiento hacia los espacios disponibles para complementar la aplicación móvil.

## Marco teórico

### Internet de las cosas (IoT)

El internet de las cosas conocido de esta forma como el momento en que se conectaron más cosas a internet que personas. El IoT tiene que ver con la capacidad de conectar lo que no está conectado para proporcionar mayor valor agregado a los objetos y procesos generando datos e información para la toma de decisiones. El IoT lo podemos ver aplicado en diversos sectores, entre los que podemos destacar los siguientes:

### Internet de las cosas médicas (IoMT)

El IoMT consiste en la aplicación del IoT con fines médicos para la recolección y el análisis de los datos relacionados con la salud. También ha sido llamado el internet de las cosas de la salud o como cuidado de la salud inteligente o smart healthcare (Teigens, Skalfist y Mikelsten, 2020).

En el IoMT los dispositivos de IoT se utilizan entre otras cosas para el monitoreo remoto de la salud. También tienen capacidades de notificar, informar y ejecutar acciones de acuerdo con los valores producidos por los dispositivos inteligentes. Estas capacidades no solo se limitan a las personas que los usan, sino

que también tienen la capacidad de interactuar con los médicos y las instituciones de salud (Montaño, Perea y Cedillo, 2019).

Algunas ventajas de su aplicación de acuerdo con Montaño, Perea y Cedillo, (2019) y según Sánchez y López (2019).

- Atención médica personalizada.
- Garantizan el cumplimiento de las indicaciones de los doctores.
- Monitoreo de la actividad, comportamiento y respuesta del paciente.
- Asistencia médica en hogares inteligentes.
- Servicio de medicación inteligente.

El desarrollo de dispositivos inteligentes de IoMT aplicado en la salud, augura un futuro muy prometedor con la aparición de dispositivos inteligentes inalámbricos, que permitirá el desarrollo de muchas soluciones aplicadas en el sector salud para el monitoreo, control, y vigilancia de pacientes en el hogar (Sánchez y López, 2019).

### **Internet de las cosas industrial (IIoT)**

La aplicación de tecnologías de IoT para el desarrollo de nuevos servicios que hagan los procesos más eficaces, ha permitido la evolución de lo que se conoce como industria conectada. La aplicación de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en la industria, ha implicado la transformación de los procesos productivos mediante la utilización de sensores y conexión de cada uno de los eslabones productivos (Vega, Vivas, Ríos, Luis, Martín y Seco, 2015).

Para el Industry IoT Consortium IIC (s.f., como se citó en Trott, 2021), el Internet industrial es una Internet en la que intervienen cosas, máquinas, computadoras y personas para permitir operaciones industriales inteligentes, utilizando análisis de datos para obtener resultados comerciales transformadores.

La integración de los objetos físicos para la industria con las redes de comunicaciones y el cómputo permite detectar, monitorear y controlar el mundo físico para promover el progreso de los negocios y la fabricación.

Como ejemplo de aplicación del IoT en la industria, se encuentra una de las plantas de fabricación de herramientas más grandes de México, ubicada en Reynosa. La fábrica de 500,000 pies cuadrados produce de todo, desde martillos hasta docenas de diferentes productos de la prestigiosa marca Stanley Black & Decker. Tiene 40 líneas de fabricación con cientos de trabajadores que fabrican millones de productos cada año. Se implementó un sistema de ubicación en tiempo real (RTLS) en forma de etiquetas RFID Wi-Fi que se adhieren a casi todos los materiales, de modo que rastrearlos sea casi sin esfuerzo (Tracy, 2016).

Se utilizaron etiquetas RFID para ofrecer acceso móvil a la información de la línea de producción a través de tabletas y teléfonos inteligentes de los gerentes de planta. Las etiquetas Wi-Fi se integran con el controlador lógico programable de la compañía, que monitorea el control de calidad y entrega sus resultados una vez que el producto llega al final de la línea, permitiendo que los gerentes de piso tengan conocimiento de cada paso del proceso de producción, dándoles la capacidad de disminuir o acelerar los procesos (Tracy, 2016).

### **IoT en la ganadería**

Conceptos como el internet de las vacas o vacas conectadas pareciera ser una broma, pero la verdad es que es una realidad, y en este sentido, el aprovechamiento de tecnologías de IoT ha permitido al sector ganadero aplicarlas para lograr una mayor producción de leche. El proyecto HealthyCow24, un sistema de supervisión de vacas basado en la nube de Microsoft, proporciona a los granjeros información valiosa para aumentar la producción de lácteos, además de optimizar el proceso de parto y asegurar que las vacas estén sanas (Heikell, 2015).

HealthyCow24 equipó con sensores a las vacas para monitorear su actividad, y el nivel de rumia. La información de los sensores les permite determinar si una

vaca está enferma o conocer los ciclos de celo o parto de las vacas. Esta información es importante debido a que las vacas deben mantenerse en un ciclo constante de preñez y parto para producir leche. Los granjeros están informados en todo momento a través de una aplicación móvil que pueden consultar desde la comodidad de su casa, permitiendo a los granjeros tener más tiempo disponible y contar con información en todo momento sin la necesidad de vigilar cada una de las vacas (Heikell, 2015).

### **IoT en la agricultura**

En la agricultura se están utilizando las tecnologías de IoT para dar seguimiento de propiedades físicas como luminosidad, temperatura del aire, humedad, y la velocidad y dirección del viento e incluso la humectación (para la producción de frutas) y otros factores que pueden influir en la producción. Por otro lado, se aplican también para optimizar procesos como la siembra, fumigación, control de plagas, riego y la cosecha. De igual forma se pueden usar para el control y el monitoreo remoto de las fincas o parcelas (WND Group, 2019).

Además, la aparición de nuevos y sofisticados sensores permite medir el crecimiento diametral de las ramas, conductímetros, tensímetros, entre otros. Adicionalmente, el precio de los sensores está a precios más competitivos, logrando estar al alcance de pequeños empresarios agrícolas. En el auge de las industrias impulsadas por las TIC, la agroindustria 4.0 es ya una realidad, y las nuevas tecnologías inalámbricas de baja potencia y largo alcance LPWAN (Low Power Wide Area Network) permiten una mayor conectividad en las zonas rurales (García-Baquero, 2020).

### **Ciudades inteligentes**

Una ciudad inteligente utiliza las TIC para mejorar los servicios urbanos, la competitividad, así como los aspectos económicos, sociales y ambientales, garantizando las necesidades de las generaciones actuales y futuras y reduciendo

las desigualdades, convirtiéndolas en ciudades más competitivas, innovadoras y atractivas (Bouskela y otros, 2016).

El FG-SSC propuso 5 indicadores clave de desempeño (KPI), relacionados con las TIC para evaluar las ciudades inteligentes y sostenibles. Los indicadores se muestran en la figura 1, y son: sostenibilidad ambiental, productividad, calidad de vida, infraestructura física, y equidad e inclusión social (FG-SSC, 2014).

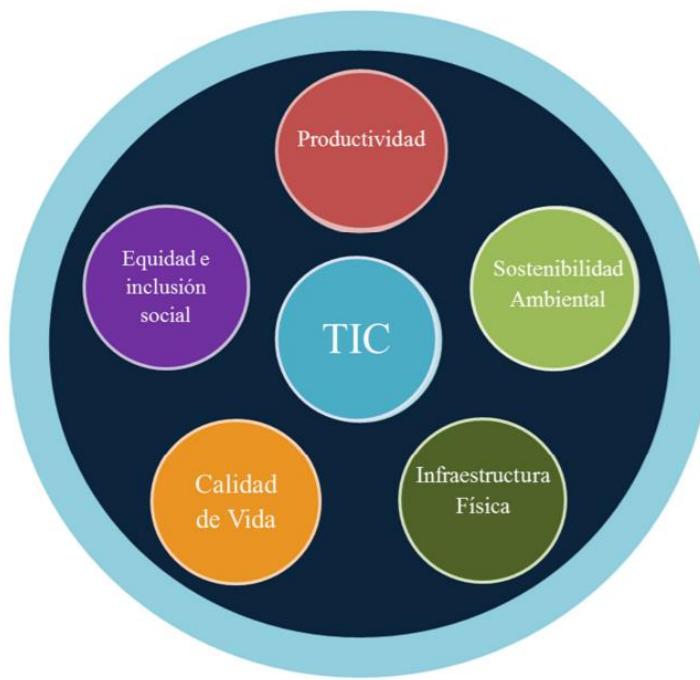


Figura 1. Dimensiones de los KPI para las ciudades inteligentes y sostenibles

Fuente: (FG-SSC, 2014)

Con respecto a las TIC se evalúan aspectos sobre la red y el acceso, las plataformas de servicios e Información, así como la seguridad de la Información y privacidad. En relación con la dimensión de sostenibilidad, se deben medir aspectos relacionados con la calidad del aire, emisiones de CO<sub>2</sub>, energía y contaminación.

En cuanto a la productividad es importante evaluar el empleo, la inflación, comercio, ahorros, exportaciones e importaciones, ingreso en el hogar y la innovación. Sobre la dimensión de calidad de vida se evalúan aspectos como la

educación, la salud, la seguridad, y la comodidad y el confort que ofrece la ciudad (FG-SSC, 2014).

Del mismo modo, para la dimensión de equidad e inclusión social, se deben evaluar aspectos como la inequidad de ingreso/consumo (coeficiente Gini), inequidad de acceso social y de género a servicios e infraestructura, y la transparencia y participación pública. Finalmente, sobre la infraestructura física se mide la conexión a los servicios (agua canalizada por tuberías, aguas residuales, electricidad, gestión de residuos), infraestructura de salud, infraestructura vial, transporte, y vivienda (FG-SSC, 2014).

Una Ciudad Inteligente procura satisfacer las necesidades de las generaciones actuales y futuras en relación con los aspectos económicos, sociales y medioambientales. Del mismo modo, debe resultar atractiva tanto para los ciudadanos, los empresarios y los trabajadores generando un espacio más seguro, con mejores servicios, sustentable y que reduce las desigualdades.

De esa manera, las ciudades inteligentes promueven un ciclo virtuoso que produce no solo bienestar económico y social, sino también el uso sostenible de sus recursos con miras a elevar la calidad de vida a largo plazo.

Sikora-Fernández (2017), menciona que una ciudad puede definirse como Smart City o ciudad inteligente, si tiene los siguientes elementos:

1. **Economía (smart economy).** generar una elevada productividad, apoyándose en el aprovechamiento de factores de producción, habilidades especializadas en oficios y trabajos, entrenamiento profesional; tener un clima de innovación y flexibilidad en el mercado laboral, así como apoyo a las pymes; la economía debe caracterizarse por el aprovechamiento de soluciones innovadoras y adaptación flexible a las condiciones cambiantes.
2. **Transporte y comunicación (smart mobility).** Gracias al gran desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), las ciudades tienen una gigantesca red de conexiones de alta velocidad, que une todos los recursos de la ciudad con accesibilidad local e internacional. Además, contar

con sistemas verdes o sostenibles de transporte, transporte público, seguridad vial, logística e infraestructuras interconectadas y por supuesto, contar con sistemas de monitoreo.

3. **Medioambiente (smart environment).** Privilegiar el consumo de energía recurriendo a fuentes renovables, implementando las acciones necesarias para reducir emisiones nocivas para el medio ambiente. Su gestión de recursos debe basarse en el concepto de desarrollo sostenible. Desarrollar un elevado nivel de educación, conciencia medioambiental, administración de los recursos hídricos, control de los gases y partículas contaminantes, administración de los desechos peligrosos y los desechos sólidos, administración sanitaria y control del ruido.
4. **Personas (smart people).** Promover los cambios en los ciudadanos para realizar las acciones que previenen el consumo excesivo de energía, la contaminación del medio ambiente y que contribuyan a mejorar la calidad de vida. Incluye aspectos como educación superior, diversidad étnica y social, apertura y cohesión, perspectiva cosmopolita, enfoques flexibles en la vida y el trabajo, alta productividad laboral, enfoque emprendedor, vocación empresarial y pluralidad cultural.
5. **Calidad de vida (smart living).** Un entorno respetuoso y amigable, con amplio acceso a servicios públicos por parte de todos los sectores sociales, un elevado nivel de seguridad, adecuada oferta cultural y de ocio, así como, el cuidado por el medioambiente, una mejor educación, programas de alfabetismo digital, mejores servicios de salud, planeación urbana inteligente, baja mortalidad infantil y acceso a las TIC's.
6. **Gestión y administración inteligente (smart governance).** Contar con un adecuado sistema de gestión y administración de la ciudad, fomentar la cooperación de las autoridades y ciudadanos, acceso a la información, acceso servicios públicos, inteligencia y control frente al crimen, apoyo a la planificación urbana, gestión de las quejas, seguridad de la información y

gestión de riesgos; aplicando las tecnologías más innovadoras en el buen funcionamiento de la ciudad.

En la figura 2, se muestra de manera resumida los elementos de una ciudad inteligente.

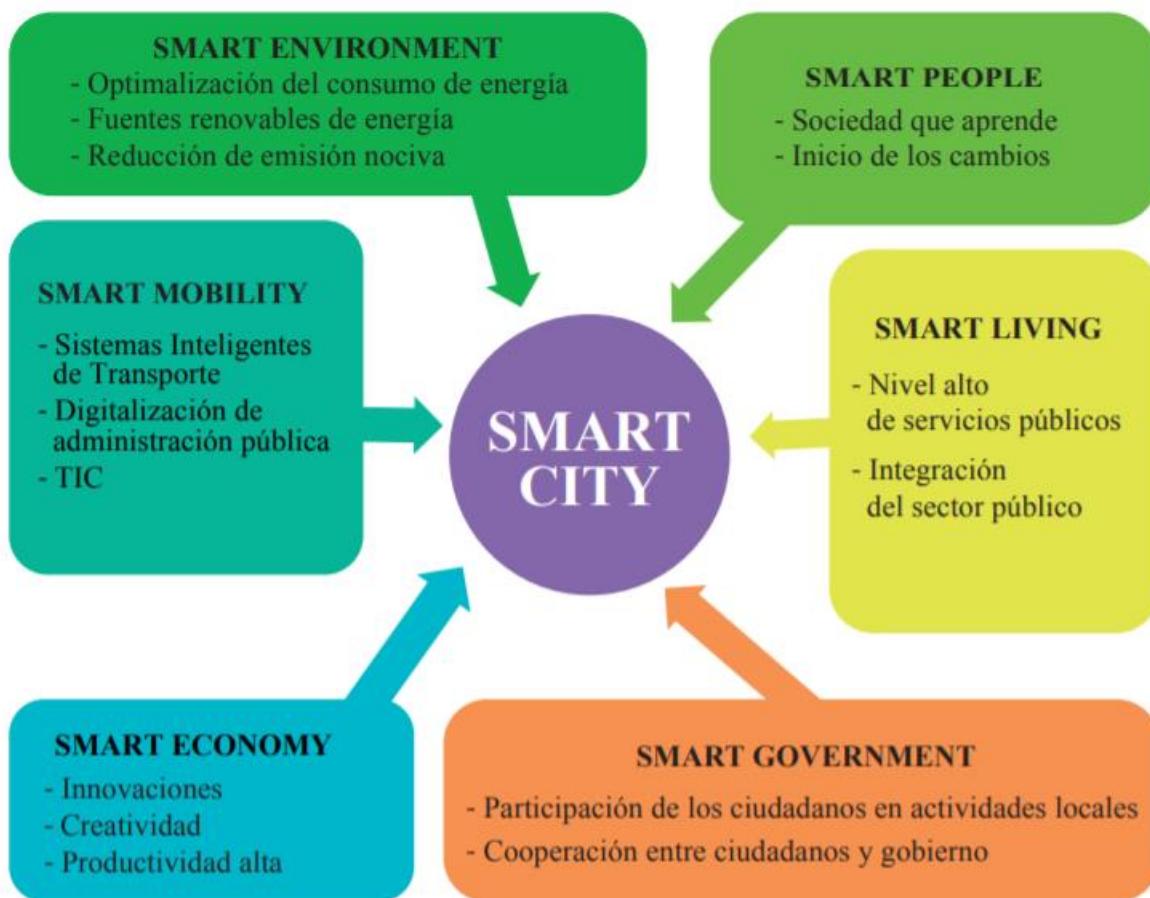


Figura 2. Las dimensiones de la ciudad inteligente

Fuente: (Sikora-Fernández, 2017)

## Desarrollo

Con lo visto anteriormente acerca del potencial de aplicación del IoT en diferentes sectores productivos, surge la pregunta. ¿Cómo podemos aprovechar el potencial de Internet de las cosas, conectando lo que no está conectado, para convertir las ciudades tradicionales en ciudades inteligentes?

A continuación, se realizará una breve revisión de casos de éxito para después, realizar una propuesta de aplicación en la ciudad de Durango, Durango.

### **Copenhague, Dinamarca**

Copenhague ha implementado soluciones inteligentes que mejoran la experiencia de los ciudadanos y la movilidad urbana, además de mejorar los servicios urbanos proporcionados por la ciudad, como la eliminación de residuos, iluminación y calidad del aire. Copenhague se está convirtiendo en una de las principales ciudades inteligentes del mundo (Cisco, 2021).

La ciudad en alianza con Cisco ha conectado la infraestructura de la ciudad a través de una red común y una capa de datos, mejorando la efectividad de operación permitiendo monitorear, controlar y optimizar cada solución en tiempo real. Adicionalmente se han multiplicado los puntos de acceso inalámbrico, conectando a las personas, datos, dispositivos, procesos, y los servicios de la ciudad. De esta forma, los turistas tienen una experiencia más conectada al explorar la ciudad. A continuación, se mencionan algunos beneficios que ha traído la transformación digital con la implementación de soluciones inteligentes:

- Mayor comodidad y reducción de la congestión con iluminación en tiempo real y administración de estacionamientos.
- Reducción del uso de emisiones de CO<sub>2</sub> con una infraestructura de ciudad conectada.
- Ciudadanos, turistas y empresas conectadas con acceso inalámbrico permanente.

### **Santander España**

Con la instalación de una gran cantidad de sensores, la ciudad de Santander es una de las ciudades más inteligentes de Europa. Los sensores son de diversos tipos y sirven para la detección de espacios libres en estacionamientos, medir la humedad para el riego inteligentes de jardines y parques, calidad del agua, nivel de

llenado de los contenedores de residuos, condiciones ambientales (Niveles de Co<sub>2</sub>, ruido, temperatura, entre otros). Los sensores pueden ser estáticos, dinámicos y participativos. Los estáticos, son instalados en zonas fijas de acuerdo con su utilidad (jardines, cestos de basura, etc.); los sensores dinámicos están en autobuses, taxis, vehículos públicos como los de recolección de basura y permiten conocer el estado del tráfico e información ambiental. Por último, los sensores participativos se refieren a la colaboración de los ciudadanos a través del reporte de incidencias de tráfico, servicios en mal estado, baches, etc. (Gutiérrez, 2016).

Algunos aspectos que han contribuido a la transformación hacia una ciudad inteligente a Santander son:

- **Transporte y movilidad.** Utilizan sensores para medir el tráfico de la ciudad, disponibilidad de estacionamientos, información del transporte público, además, con el uso de Apps se informa sobre estos aspectos a los ciudadanos.
- **Medio ambiente.** Sensores que miden el caudal de la red de agua, nivel y presión, permite conocer con exactitud el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua.
- **Eficiencia energética.** Luminarias de tecnología LED con capacidad de aumentar o disminuir la intensidad con relación al contexto y momento del día.
- **Emergencias y protección civil.** Implementación de una red de comunicaciones propia para los cuerpos de seguridad y protección para ofrecer cobertura incluso donde no la hay. De esta forma, se conocerá la ubicación exacta de cada elemento o vehículo, facilitando las labores de protección y rescate.

## Propuesta

Gracias a la globalización que se ha dado en México y en la Cd. de Durango durante los últimos años, países de tercer mundo han podido introducir en su mercado nuevas marcas de vehículos diferentes a los ya tradicionales. Por ejemplo,

marcas provenientes de otros continentes están presentes en todo el mundo y con un bajo costo, lo que significa que la competencia entre vendedores de vehículos aumenta. A su vez, los vehículos de procedencia extranjera y que están de manera irregular en algunas ciudades y con un engomado provisional emitido por el gobierno del estado en espera de su regularización, generan un mayor número de vehículos en circulación y que ocupan lugares de estacionamiento público en las principales calles y avenidas de la ciudad de Durango. Gracias a esto, muchas personas se han beneficiado y de esta manera han logrado adquirir un vehículo propio ya sea de agencia o extranjero, pues cada vez es más fácil adquirirlo aquí en la Cd. de Durango.

Pero esto se traduce en una gran cantidad de carros circulando sobre las calles de la ciudad de Durango independientemente de su estatus legal. Un problema mayor aparece al momento de encontrar un espacio para estacionar el vehículo sin importar el lugar donde se esté. Ya sea un centro comercial, una universidad, clínica, fábrica o cine. Ahora bien, si se trata de encontrar un estacionamiento en horas pico o en temporadas de vacaciones, navidad, fines de semana, el problema se torna mucho más grande.

A la falta de información para acceder a un espacio libre en un estacionamiento, de manera rápida sin tener que dar vueltas por la zona del centro comercial o por las calles del centro histórico de la ciudad, se le suma el estrés, que puede ir desarrollando las personas durante este proceso, la pérdida de tiempo que genera, que la gente estacione mal los vehículos llegando a ocasionar colisiones, generando que los problemas de congestión en los estacionamientos sean mucho mayores y se forme un completo caos en estos sitios.

Debido a lo anterior, es necesario realizar una propuesta tecnológica que permita que las personas puedan acceder a un lugar donde estacionar sus vehículos de manera rápida, conociendo en qué dirección se debe ir para encontrar un espacio vacío y evitar circular por donde no haya probabilidades de encontrar un espacio disponible.

En el año 2017 había 271,809 automóviles en la ciudad de Durango, sus habitantes sufren como en cualquier otra ciudad del mundo de los embotellamientos y la falta de cajones de estacionamientos disponibles en la vía pública. Estacionar un auto en las ciudades puede resultar un desafío difícil de lograr, es común ver autos estacionados en doble fila en las entradas de los colegios, o en lugares prohibidos, como las bajadas para discapacitados, generando caos en el tránsito y complicaciones en el estacionamiento. El proceso interminable de dar vueltas hasta encontrar un lugar donde estacionarse es una experiencia común entre los conductores. Los retrasos motivados por el estacionamiento producen frustración a los usuarios, afectan negativamente al medio ambiente, reducen la seguridad y afectan la economía. Quizás la solución actual es un estacionamiento inteligente como lo están haciendo en las grandes ciudades europeas.

En este sentido, en la Cd. de Durango se puede implementar la tecnología para desarrollar una propuesta de estacionamiento inteligente para mejorar la vida de las personas y más concretamente, para conseguir beneficios como:

- Contribuir a la mejora del medio ambiente
- Ahorrar costos y tiempo a sus ciudadanos
- Optimizar los servicios públicos
- Mejorar la transparencia en la gestión de las administraciones
- Conseguir retener empresas y atraer más inversión
- Mejorar la comunicación con los ciudadanos

### **Sensor inalámbrico de detección de espacio de estacionamiento**

Este proyecto se basa en un conjunto de sensores inalámbricos, como el que se muestra en la figura 3, que se instalan en cada cajón de estacionamiento en zonas estratégicas y monitorea los espacios de un determinado lugar de estacionamiento. Los dispositivos miden los espacios ocupados y disponibles, además detecta vehículos en carga / descarga, transporte urbano, paradas de

autobús, estacionamiento de tiempo limitado o zonas reservadas para personas con discapacidad. Reflejan esta información en tiempo real en un mapa, permitiendo a los usuarios acceder al mismo desde una aplicación móvil.

Por lo tanto, la información de estacionamiento en tiempo real avisa los lugares en los que se encuentran espacios de estacionamiento disponibles y ahorrarían la necesidad de andar por todo el centro histórico buscando lugares desocupados. La implementación de IoT en un sistema de estacionamiento inteligente, permitirá agilizar los tiempos de estacionamiento, mejorar la fluidez vehicular y reducir la emisión de humos contaminantes (minutouno 2016).

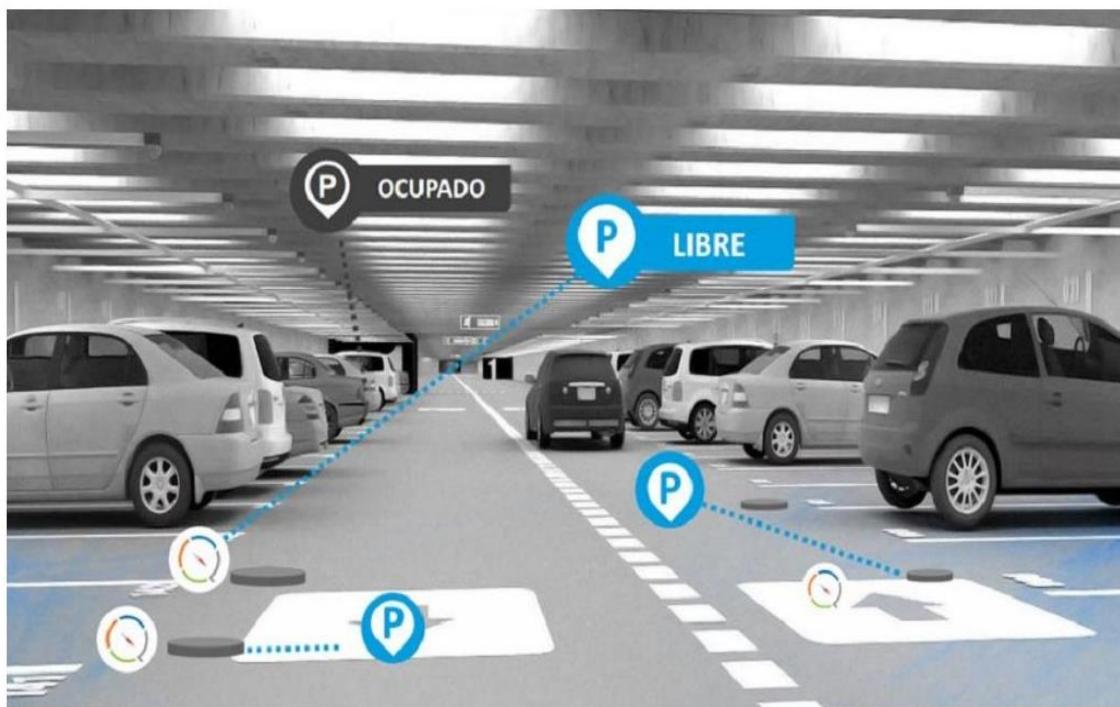


Figura 3. Sensor de estacionamiento inteligente

Fuente: (minutouno, 2016)

Los estados de un espacio para estacionar (ocupado/disponible/reservado) cambian constantemente, considerando la información que los conductores tienen y por cuánto tiempo se podría ocupar dicho espacio. Una vez que un vehículo llega o sale de un estacionamiento, la información de disponibilidad de ese espacio cambia y se anuncia a otros conductores. Para obtener el estado de un espacio para estacionar requiere que los sensores puedan detectar cada evento o cambio

de estado. De esta forma, los sensores forman una red y envían la última información al sistema de gestión. Los conductores pueden obtener esta información en su mano, mediante su smartphone y la aplicación asociada, la que intercambia mensajes con el sistema o los sensores.

El pago del tiempo de ocupación puede realizarse previamente a través de la misma App móvil, y de puestos de cobros electrónicos, ubicados estratégicamente en la ciudad. Puede efectuarse a través de una tarjeta de crédito, débito o efectivo. El proyecto contará con localización mostrando mapa del lugar, así como el lugar de plazas vacías en las calles y avenidas del centro histórico de la ciudad de Durango. Esta misma aplicación permitirá al comercio y/o ciudadanos recopilar datos de sus clientes reales y obtener información de utilidad.

El objetivo de este proyecto es hacer que el tráfico sea más fluido y así aumentar la rotación en los espacios de estacionamiento cerca del centro histórico y centros comerciales. Para ello será necesario la instalación de estos sensores en estas áreas principales de la ciudad.

Estos dispositivos se instalarán en la superficie de áreas que se ocupan para estacionarse, permitiendo que las personas con poco espacio para estacionar el coche no generen **congestión, se agilice el tráfico y se mejore el acceso a esas áreas de estacionamiento.**

La red de sensores estará conectada a la red privada de la Ciudad. Las pantallas de gestión de datos muestran la información en tiempo real, así como indicadores del uso de los cajones de estacionamiento **para mejorar las condiciones del tráfico y disminuir el tiempo de búsqueda de lugar para estacionarse.** El sistema debe estar previsto de un Gateway de estacionamiento inteligente de gran capacidad para la recopilación de información de ocupación de estacionamiento y está a cargo del intercambio de datos entre la red de sensores inalámbricos locales y los sistemas externos (Rosimits, s.f.).

En la figura 4, se muestra un ejemplo de la arquitectura de un sistema de estacionamiento inteligente con el uso de sensores.



Figura 4. Transmisor y sensor de estacionamiento

Fuente: (Rosimits, s.f.)

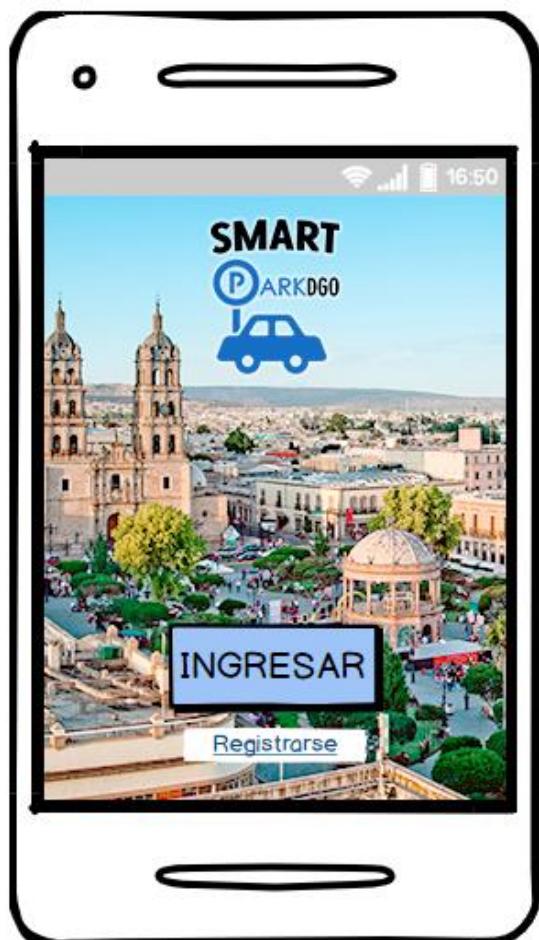
## Aplicación SmartParkDgo

La aplicación móvil SmartParkDgo se diseñada para dar a conocer en tiempo real los espacios disponibles de cajones de estacionamiento, optimizar tiempo de los usuarios, reducir la frustración de los conductores, además de ayudar a disminuir el tráfico y el congestionamiento diario, ofreciendo alternativas para dejar el auto en un espacio seguro y sin riesgo de ser multado.

La información se estará actualizando constantemente con los datos de los sensores, de esta manera se asegura que el servicio sea brindado con la mayor exactitud posible en cuanto a lugares de estacionamiento disponibles se refiere.

Los sensores serán los encargados de actualizar la información en las bases de datos del sistema y así se garantiza que el usuario recibe información al momento y pueda encontrar y decidir el sitio donde poder aparcar su vehículo logrando un ahorro significativo de tiempo y combustible.

## Uso de la aplicación



### Pantalla de bienvenida

Muestra el nombre de la aplicación SMART PARKDGO y da la opción al usuario de ingresar o registrarse en caso de ser la primera vez que la va a utilizar.

Si el usuario ha iniciado sesión anteriormente, esta ventana solo se mostrará por breves segundos sin la opción de “Ingresar” o “Registrarse”, ya que los datos quedan almacenados en el dispositivo.

Al pasar los segundos de carga, la pantalla de bienvenida redirige a la pantalla de inicio.

Figura 5. Inicio App Smart ParkDGO

Fuente: Elaboración propia



## Registro de usuario nuevo

En caso de ser la primera vez se que utilice la aplicación, el usuario se deberá registrarse indicando un correo electrónico válido y una contraseña.

La contraseña debe de cumplir ciertos requisitos para poder efectuar el registro:

- Mayor a 8 caracteres
- Mezcla de mayúsculas, minúsculas y números.
- Los simbolos son opcionales
- No debe de contener caracteres consecutivos (abc, 123, lmn, 456, etc.)

Figura 6. Registro de usuario Smart ParkDGO

Fuente: Elaboración propia



## Inicio de sesión

Para poder utilizar la aplicación es necesario iniciar sesión indicando el correo electrónico que el usuario proporcionó así como la contraseña que proporcionó para el registro.

Una vez que se han ingresado los datos presionará el botón “Ingresar” y de ser válidas las credenciales, se mostrará la pantalla de Inicio - Buscando estacionamiento.

Figura 7. Inicio de sesión Smart ParkDGO

Fuente: Elaboración propia

## Inicio - Buscando estacionamiento

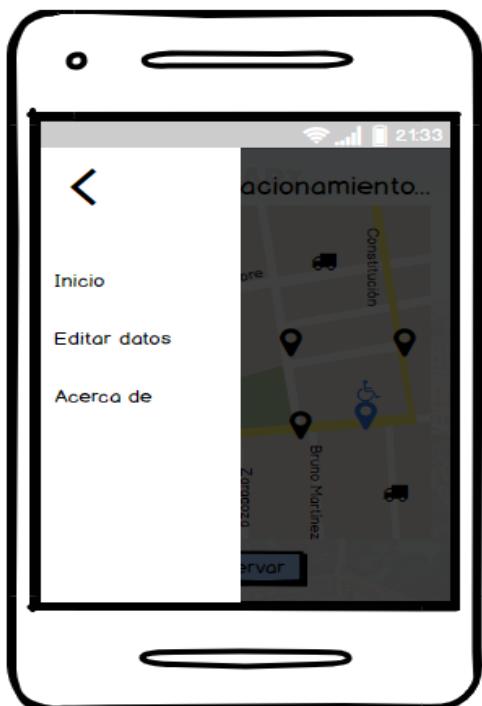


La pantalla de inicio es también la pantalla principal o de búsqueda de estacionamiento. Muestra un mapa con la posición GPS del dispositivo, y dentro de este mapa comienza a ubicar los diferentes símbolos que indicaran los estacionamientos disponibles entre otras cosas.

Se debe de seleccionar unos de los puntos marcados como o si es que es discapacitado. Luego de seleccionar se debe presionar el botón de “Reservar” para poder apartar el lugar por un periodo de 5 minutos.

Figura 8. Opción de búsqueda

Fuente: Elaboración propia



## Menú

Para mostrar el menú con las diferentes opciones es necesario deslizar el touch de izquierda a derecha.

En el menú aparecen las opciones para ir a la pantalla de inicio, la pantalla para editar la información y la pantalla de Acerca de.

Figura 9. Menú de opciones

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Información de estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

### Información del estacionamiento

Luego de presionarle el botón de “Reservar”, esta es la pantalla que se estará mostrando donde se indica el lugar seleccionado o donde está estacionado el vehículo, así como la hora de llegada, el tiempo transcurrido de utilización del estacionamiento, el precio por hora y el total a pagar.

El usuario debe de presiona el botón de “Pagar” para continuar con el proceso de pago.



Figura 11. Método de pago

Fuente: Elaboración propia

### Método de pago

Al intentar realizar el pago, el usuario deberá seleccionar 1 de los 4 diferentes métodos de pago de los que dispone, las cuales son: tarjeta crédito/debito, tarjeta de American Express, PayPal, o bien realizar recargas de puntos en tiendas OXXO.

Se muestra el total y se debe hacer clic en la casilla de verificación para aceptar realizar el pago. El usuario recibirá un comprobante por correo electrónico de su transacción.



Figura 12. Editar método de pago

Fuente: Elaboración propia

### Editar datos acerca del método de pago

En esta pantalla el usuario podrá modificar los datos de su método de pago definido como tarjeta bancaria, donde es necesario ingresar un nombre para su tarjeta, el número de tarjeta, la fecha de vencimiento y el código de seguridad.

Al estar registradas las tarjetas de débito o crédito, el usuario puede hacer uso de ellas para realizar los pagos de la aplicación.



Figura 13. Datos del vehículo

Fuente: Elaboración propia

### Editar datos acerca del vehículo

En este apartado se deberá registrar los datos del vehículo, marca, modelo, color, placas así como el estado.

Estos datos ayudarán tanto al gobierno como empresas para realizar un análisis y de esta manera obtener estadísticas de los vehículos y usuarios.



Figura 14. Editar datos de usuario

Fuente: Elaboración propia

### Editar datos del usuario

En esta ventana el usuario puede realizar la edición de su información para motivos de estadísticas y comprobantes de pago.

Es necesario indicar el nombre, la fecha de nacimiento, el sexo y si el usuario padece algún tipo de discapacidad.



Figura 15. Información de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

### Información de la aplicación

En esta pantalla se muestra la información de la aplicación, la versión instalada y datos de la cuenta del usuario.

El número de cuenta, es la representación única del usuario en el sistema y con la cual se deben de realizar los de depósitos para recarga de puntos en las tiendas OXXO.

También se indica el correo electrónico con el cual se registró el usuario y a donde llegarán ofertas, promociones, descuentos e información en general.

Se puede volver a consultar el aviso de privacidad, así como también, los términos y condiciones de uso de la aplicación y del servicio.

### Comparación SmartParkDgo y Parkimovil

Hoy en día existen diferentes aplicaciones que tienen un uso parecido a SmartParkDgo. Pero en lo que respecta a la ciudad de Durango, la población hace uso de un servicio de nombre Parkimovil (Ver figura 16) la cual es una plataforma que facilita el registro y pago de estacionamientos. Esta herramienta fue implementada por el gobierno local con el propósito de sustituir los 500 parquímetros de monedas que se encontraban ubicados en el centro histórico de la ciudad y se instalaron tótems informativos sobre este esquema.

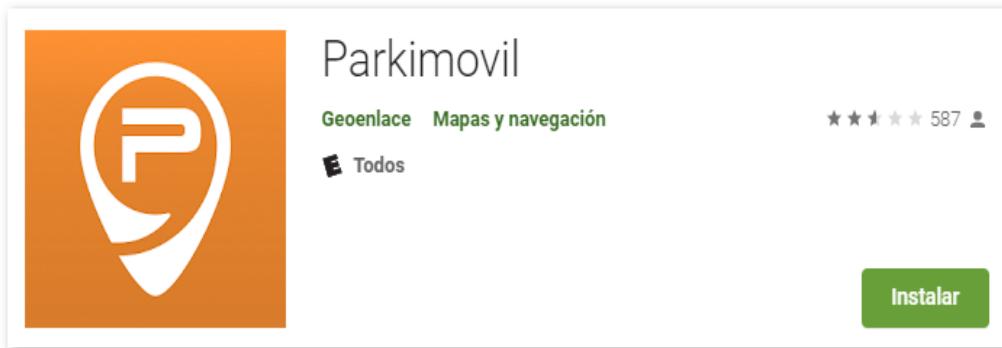


Figura 16. App Parkimovil  
(Google Play Store, 2019)

Las características de Parkimovil y SmartParkDgo se mencionan en la siguiente tabla:

Parkimovil	SmartParkDgo
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se utiliza para realizar el pago por estacionamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilita la ubicación de lugares disponible para estacionarse, así como realizar el pago.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El pago se realiza a través de mensaje, tarjetas de crédito/debito, efectivo en negocios establecidos en la zona, código QR, recarga de saldo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El pago se realiza a través de tarjetas de crédito/debito, efectivo en negocios establecidos en la zona, recarga de puntos (saldo) y mediante PayPal.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra un mapa que indica la zona que cubre la aplicación para indicar el lugar en donde se estaciona un usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra un mapa que indica los lugares disponibles que hay para ocupar por cada vehículo y brinda la opción de reservarlo por determinado tiempo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene presencia en 11 ciudades de la República Mexicana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia únicamente en la Ciudad de Durango</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Funciona únicamente en el centro histórico de la Ciudad de Durango</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funciona en zonas estratégicas (centro histórico, centros comerciales, universidades, etc.)</li> </ul>

Tabla 1. Comparativo Parkimovil y SmartParkDgo

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, de los aspectos que más resaltan de SmartParkDgo con respecto a la otra plataforma analizada, es que en SmartParkDgo existe la posibilidad de realizar la búsqueda de estacionamientos, hacer la reservación de ellos para que a otros conductores no les permita tomar este lugar y realizar el pago por el servicio de estacionamiento. Y por el otro lado, la aplicación que compite no permite realizar la búsqueda ni hacer reservación, únicamente permite realizar el pago de sitios ya configurados.

Además, SmartParkDgo es un servicio en la nube que está conectada con los servicios de navegación de Google para poder hacer uso de su sistema de Google Maps y te permite realizar el seguimiento en el mapa de la ciudad, calles, flujo, etc.

También la plataforma de SmartParkDgo permite que más negocios, gobierno, escuelas, etc., se unan a la iniciativa para que puedan registrar sus lugares, realizar la instalación de los sensores y participar dentro del servicio para que este ecosistema pueda crecer y tener una forma sencilla en la cual los conductores puedan buscar estacionamientos y pagar por ellos desde la comodidad de su dispositivo móvil de manera segura.

## Conclusiones

Al desarrollar este trabajo, ampliamos nuestro conocimiento sobre el internet de las cosas, los avances tecnológicos, el rol que desempeña en la actualidad, el desarrollo de las ciudades y las alternativas de control de los recursos naturales. Aprendimos que el mundo está tomando un enfoque muy tecnológico en la vida de todas las personas, donde cada uno de nosotros se hace dependiente de estar conectado al mundo virtual, y eso ha hecho que nuestros dispositivos también deban de estar conectados al internet de las cosas.

Revisamos diferentes enfoques de una ciudad inteligente y elaboramos un recorrido general por su definición, características y arquitectura, buscando comprender su funcionamiento.

Las ciudades inteligentes buscan principalmente el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la sociedad, donde se ven inmersos una serie de factores tecnológicos y de innovación, con el principal objetivo de alcanzar un desarrollo sostenible.

Reconocer una ciudad como inteligente, permitirá que se genere no solo esta categorización a nivel nacional, sino también, a nivel internacional, lo cual favorece la inversión y la atracción de nuevos mercados que activan la economía de una ciudad, lo cual permite el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la sociedad, al generar empleo y velar por la protección de las generaciones actuales, sin comprometer los beneficios de las generaciones futuras.

El desarrollo de planteamientos y métodos apropiados para facilitar el proceso de transformación de las organizaciones urbanas vigentes hacia instalaciones más inteligentes puede constituir una solución a las problemáticas ya arraigadas que atraviesan las ciudades contemporáneas y se pueden configurar nuevos criterios para el proyecto y la modificación de las ciudades, favoreciendo en esa manera el incremento de la calidad de la vida de los ciudadanos.

Las smart city representan una oportunidad de desarrollo económico alrededor de todos los productos y servicios nuevos que aparecen. Pero, más allá

del desarrollo de la economía local, la ciudad inteligente no la puede construir únicamente la administración pública. Ésta requiere que los distintos factores de la ciudad (gobierno local, empresas, universidades, emprendedores, ciudadanía) colaboren de forma abierta y creativa para acelerar el desarrollo y la implantación de servicios smart.

En un mundo donde los conceptos de smart city e internet de las cosas se encuentran cada vez más presentes en la sociedad, se propone para la ciudad de Durango la implementación de un estacionamiento Inteligente a través de una aplicación móvil con el objetivo de mejorar la distribución de los espacios, disminuir el tiempo de búsqueda de un espacio disponible y, de esta forma, realizar la tarea de estacionar el vehículo menos frustrante. El proyecto de SmartParkDgo sienta las bases para la implementación de una propuesta sencilla y de bajo costo, un aspecto destacable de la plataforma desde el punto de vista social es su capacidad para desplegar información de plazas reservadas para personas discapacitadas.

Dentro de las alternativas de implementación de este tipo de estacionamiento, se pueden considerar además de los espacios públicos a las empresas e instituciones que disponen de espacio para sus colaboradores, clientes, estudiantes, etc. También puede resultar atractivo para los servicios de estacionamiento de pago o centros comerciales, entregando, para ellos, una ventaja competitiva.

Desde el punto de vista social, La ciudad de Durango resultaría muy beneficiada debido a que se está resolviendo una problemática de la ciudad ante el constante crecimiento y desarrollo de esta, creando más espacios ante la falta de estacionamientos. Estamos seguros de que los principales beneficiarios directos serían las personas que acuden a la zona céntrica de la ciudad por pocos períodos de tiempo debido a que podrán acceder a este servicio que en la actualidad es difícilmente accesible en las horas pico.

## Referencias

- Alvarado López, R. A. (2018). Ciudad inteligente y sostenible: hacia un modelo de innovación inclusiva. PAAKAT: revista de tecnología y sociedad, 7(13). Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-36072018000100002&script=sci\\_abstract&tlang=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-36072018000100002&script=sci_abstract&tlang=pt)
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., & Facchina, M. (2016). *La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente* (Vol. 454). Inter-American Development Bank.
- Cisco (2021) Copenhagen Drives City Carbon Footprint Reductions and Enriches Citizen Experiences through Converged Digital Solutions. Recuperado de: [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/case-studies-customer-success-stories/copenhagen-case-study.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/case-studies-customer-success-stories/copenhagen-case-study.pdf)
- Evans, D. (2011). Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Informe técnico Cisco. Recuperado de: [https://www.cisco.com/c/dam/global/es\\_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf)
- FG-SSC (2014). Visión general de indicadores clave de desempeño en ciudades inteligentes y sostenibles. Grupo Temático sobre Ciudades Inteligentes y Sostenibles. FG-SSC. Recuperado de: <https://observatorioecuadordigital.mintel.gob.ec/wp-content/uploads/2019/11/TS-Overview-KPI-espanol.pdf>
- García-Baquero, R. D. (2020). Agroindustria 4.0, la era de la información y la conectividad. *Mercacei magazine*, (104), 56-61.
- Gutierrez, B. J. (2016). Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Recuperado de: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Estudios-de->

## casos-internacionales-de-ciudades-inteligentes-Santander-Espa%C3%B1a.pdf

- Heikell, L (2015). Las vacas conectadas ayudan a monitorear el ganado en las granjas. Recuperado de: <https://news.microsoft.com/es-xl/features/las-vacas-conectadas-ayudan-a-monitorear-el-ganado-en-las-granjas/>
- ITU. (2016). Building tomorrow's Smart Sustainable Cities. Recuperado de: [https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2016-02/2016\\_ITUNews02-en.pdf](https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2016-02/2016_ITUNews02-en.pdf)
- ITU (2020). Grupo Temático sobre Ciudades Inteligentes y Sostenibles. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Recuperado de: <https://www.itu.int/es/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx>
- MInutouno (2016). Crean un sistema de sensores que detecta lugares libres para estacionar. Recuperado de: <https://www.minutouno.com/tecnologia/crean-un-sistema-sensores-que-detecta-lugares-libres-estacionar-n1510533>
- Montaño, L. A. F., Perea, A. M. R., & Cedillo, J. A. Á. (2019). Las ciberamenazas en los dispositivos y redes del internet de las cosas médicas. *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería*, (114), 11-17.
- Rosales Lindao, L. N. (2016). Diseño e implementación de un parqueo inteligente utilizando arduino y un basado en internet de las cosas (IoT). Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13461>
- Sánchez, D. C., & LÓPEZ, D. H. G. (2019). *Monografía introductoria en los sistemas IoT con énfasis en los sectores de la salud, la educación y la agro-industria* (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física y Ciencias de la Computación. Ingeniería de Sistemas y Computación).
- Sikora-Fernández, D. (2017). Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes. *Revista Universitaria de Geografía*, 26(1), 135-152.

Teigens, V., Skalfist, P., & Mikelsten, D. (2020). Inteligencia artificial: La cuarta revolución industrial.

Tracy, P. (2016). Black & Decker teams with Cisco for IoT manufacturing. Recuperado de: <https://enterpriseiotinsights.com/20160718/channels/use-cases/blackdecker-cisco-case-study-tag31-tag99>

Trotti, A. (2021). Descripción y análisis de las ventajas y desafíos para la adopción de soluciones de Industrial Internet of Things en Vaca Muerta.

Vega, M. C., Vivas, P. O., Rios, C. M., Luis, C. G., Martín, B. C., & Seco, A. H. (2015). *Las tecnologías IOT dentro de la industria conectada: Internet of things*. EOI Escuela de Organización Industrial.

WND Group (2019). Gracias a su estación agro-meteorológica conectada a Sigfox, la nueva empresa Sencrop recauda 10 millones de euros. WNDGroup Recuperado de: <https://www.wndgroup.io/2019/01/27/gracias-su-estacion-agro-meteorologica-conectada-sigfox-la-nueva-empresa-sencrop-recauda-10-millones-de-euros/>

## Capítulo 2. Smart cities: una propuesta para la ciudad de Durango

**I.S.C. Cristal María Carrera Castro**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[03040122@hotmail.com](mailto:03040122@hotmail.com)

**I.S.C. Diana Rosalía Refugio Gálvez Rodríguez**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[03040136@gmail.com](mailto:03040136@gmail.com)

**Dr. Omar David Almaraz Rodríguez**

Universidad Pedagógica de Durango

[almarax@upd.edu.mx](mailto:almarax@upd.edu.mx)

### Introducción

A través de los años el hombre como las ciudades se han ido transformando; Existe una importante diferencia en las ciudades contemporáneas de hace unas cuantas décadas en comparación a las ciudades actuales, la ONU señala que actualmente el 55% de la urbe mundial, existe en áreas urbanas y se calcula que para el año 2050 aumente esta cifra a un 68% (ONU, 2018).

El desarrollo precipitado de la población urbana y las técnicas de urbanización no planeadas han dado como resultado ciudades complicadas que enfrentan desafíos cada vez más grandes. Esto nos exige a reflexionar y re establecer los sistemas de ciudades para adecuarnos a las demandas actuales mediante nuevos modelos, técnicas y estrategias de desarrollo.

En este contexto nace el concepto de ciudad inteligente o smart city que pretende dar solución a los desafíos con los cuales se presenta la ciudad contemporánea mediante sistemas inteligentes interconectados, establecidos en

tecnologías de la información y comunicación (TIC) (Copaja-Alegre y Esponda-Alva, 2019).

En este trabajo se analizan los conceptos que han impulsado la evolución del internet hacia el internet de las cosas, los tipos de interacciones que se dan en el internet de las cosas, así mismo se hace una revisión del concepto de smart city (ciudad inteligente) así como los elementos que la conforman. A la par se hace una revisión de ejemplos de ciudades inteligentes en el mundo para conocer sus mejoras, y sus ventajas.

Adicionalmente se propone un modelo para la ciudad de Durango, mediante el uso de las tecnologías que promuevan el turismo para hacer más placentera la estadía de los turistas en la ciudad de Durango, así como facilitar gestiones y ofrecer información de diferentes ámbitos.

### **Destino turístico inteligente**

Un destino turístico inteligente (DTI) se define como “un destino turístico innovador, consolidado sobre una infraestructura tecnológica de vanguardia, que garantiza el desarrollo sostenible del territorio turístico, accesible para todos, que facilita la interacción e integración del visitante con el entorno e incrementa la calidad de su experiencia en el destino y mejora la calidad de vida de los residentes” (SEGITTUR, 2012, como se citó en Blanco, 2015).

Debemos considerar que, en el mundo desarrollado, así como en los países emergentes, las ciudades se han constituido en el centro de la actividad económica y social; y en consecuencia, las ciudades son el foco de la actividad humana. La aplicación de las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a los servicios públicos, a la administración del suministro y consumo de energía o de agua, a la mejora del transporte y la movilidad, a la seguridad ciudadana y la protección civil, al gobierno de la ciudad y la transparencia, a la creación de un entorno favorable para los negocios y sustentable, constituyen la clave en la

transformación de una ciudad tradicional a una Ciudad Inteligente (Mundo ejecutivo, 2017).

Las aportaciones a la innovación desde el punto de vista de la demanda de los turistas se manifiestan de forma disruptiva con las posibilidades de internet, el desarrollo de la inteligencia artificial y el análisis del big data. A parte de la consideración de la aportación sin duda de las empresas de tecnología, también se debe de considerar desde otros ámbitos empresariales, las aportaciones que estos pueden hacer, esto es con la ayuda de otros agentes, siendo (turistas, universidades, comunidad local, administraciones públicas, centros de investigación, etc.), todos pueden ser beneficiados por su participación en el ecosistema que supone el DTI (Fernández y otros, 2017).

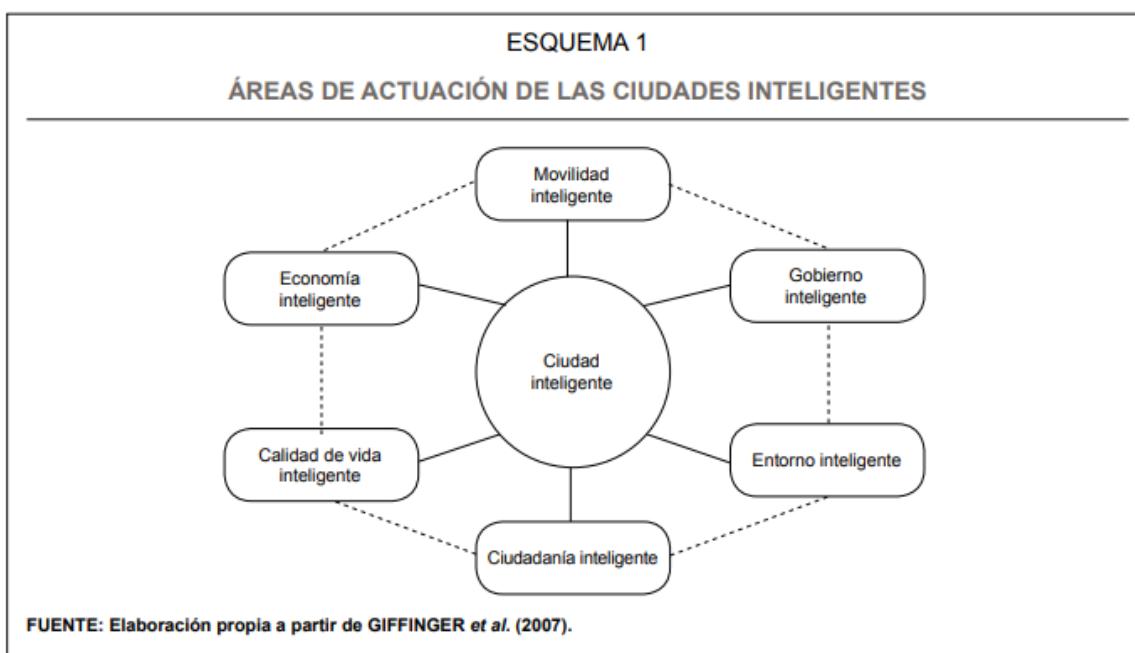


Figura 17. Áreas de actuación DTI

Fuente: (Fernández y otros, 2017)

El DTI tiene que establecer una estrategia de revalorización del destino mediante un mejor aprovechamiento de los atractivos naturales y culturales, la mejora en la eficiencia en los procesos de producción y distribución, la creación de recursos innovadores, etc. Un destino capaz de innovar usando nuevos sistemas

que faciliten el análisis de múltiples fuentes de información (Big data, Business Intelligence) que les permita ser más competitivos y más eficientes, en el que las empresas y los gestores del destino desarrollen una manera más evolutiva para dar respuesta al nuevo viajero en todo el viaje. La existencia de este nuevo tipo de turistas es la razón fundamental de esta transformación de los destinos. Turistas que están familiarizados con dos tipos de tecnología: la propia y la de los destinos, las cuales deben estar sincronizadas en la medida de lo posible.

En los destinos inteligentes los turistas asumen una serie de deberes, derivados del registro de sus datos, los cuales servirán para identificar las necesidades de los destinos y mejorar los servicios. Estos se hacen de forma consciente e inconsciente; estas ciudades inteligentes deben estar instrumentalizados hacia la captura y la integración de datos en tiempo real, a partir de sensores, dispositivos móviles personales, cámaras, internet, redes sociales o cualquier elemento del mobiliario urbano.

Los turistas de la smart city, con los datos que se recaben de sus dispositivos móviles, pueden extraer medidas de mejora para toda la ciudadanía, integrando al turista en la mejora activa de la ciudad.

A través de los dispositivos, el uso del internet de las cosas y otras herramientas avanzadas de las smart city, pueden crear predicciones del comportamiento del turista y así a su vez lo puede guiar. Esta opción ayuda a combatir la masificación turística y la gentrificación en las ciudades, esto nos ayuda a proporcionar emplazamientos turísticos poco conocidos en función de las preferencias y gustos de los visitantes; así se lograría descongestionar los monumentos más conocidos sin renunciar a ofrecer un turismo de calidad. Por ejemplo, la ciudad de Nueva York aumentó las visitas a Central Park al desarrollar una serie de códigos QR donde el usuario podía visualizar escenas de películas populares rodadas allí.

Las smart cities, tienen como objetivo mejorar la vida de sus ciudadanos, pero también de los visitantes. La gran parte de las ciudades inteligentes que existen en la actualidad también son importantes destinos turísticos, en estas ciudades existen grandes oportunidades de negocios en la explotación de servicios tecnológicos dedicados a turistas, tienden a tener su propia transformación digital, en el contexto en el que empresas punteras están transformando la manera en la que viajamos, disfrutamos del alojamiento y manejamos el ocio en una ciudad extranjera. Por lo tanto, las smart cities y el smart tourism tienen que ir de la mano, ya que ambos tienen en el bienestar de las personas y en el excelente uso de las tecnologías la piedra angular de su funcionamiento.

Las smart tourism, deben no solo ofrecer tecnologías de vanguardia, si no también facilitar la interacción e integración del visitante en el entorno con el fin de garantizar que la experiencia del usuario durante su estancia sea única e inmejorable, ofreciendo soluciones innovadoras que van desde la expansión de la conectividad wifi a la instalación de sistemas de e-parking que informan al turista de la disponibilidad de aparcamiento o, también apps para el turismo que transmiten todo tipo de información, en relación al destino visitado. Podrán los turistas disfrutar de la información sobre los museos, monumentos y demás puntos de interés de la ciudad al mismo tiempo que los recorre a través de las aplicaciones de su Smartphone, todo en tiempo real.

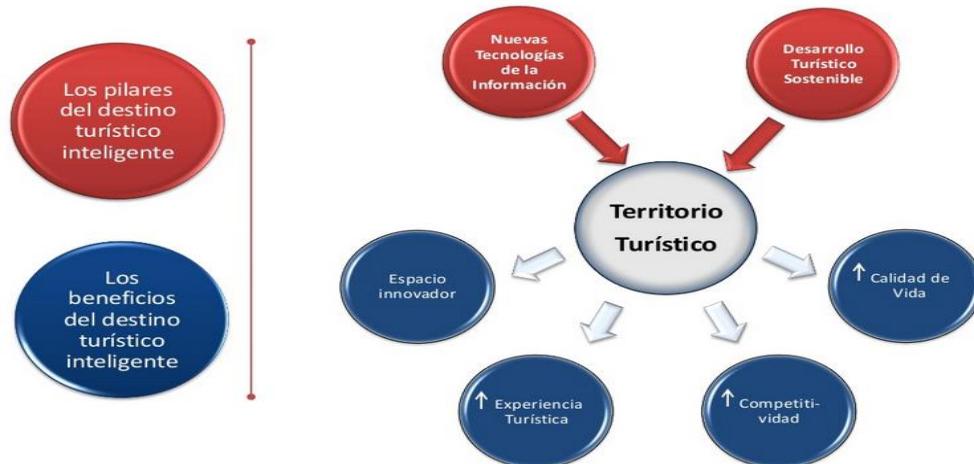


Figura 18. Pilares y beneficios de un territorio turístico

Fuente: (SEGITTUR, s.f.)

## Objetivo general

Analizar la evolución de las ciudades a ciudades inteligentes y plantear una propuesta para la ciudad de Durango mediante el uso de las tecnologías que promueva un turismo inteligente.

## Objetivos específicos

- Conocer y comprender los elementos que conforman una smart city.
- Analizar ejemplos de ciudades inteligentes, e identificar cuáles han sido sus mejoras y sus ventajas.
- Conocer las características principales de la ciudad de Durango y sus necesidades.
- Realizar propuesta para la ciudad de Durango, mediante el uso de las tecnologías que promueva el turismo.

## Marco teórico

### Evolución de internet hacia el internet de las cosas

A través de los años, el internet ha evolucionado de tal manera que es posible identificar 4 etapas, en la que las personas transitaron de una Internet con fines académicos y de investigación hacia una web social (Evans, 2011).

- **Etapa 1. Fase de investigación.** Esta primera etapa se caracteriza por el uso académico con fines de investigación.
- **Etapa 2. Explosión de los sitios web publicitarios.** Las empresas comparten información en Internet para ofrecer sus productos y servicios.
- **Etapa 3. Surgimiento del comercio electrónico.** Permitió la venta y compra de productos, así como la prestación de servicios. Surgen grandes empresas como eBay y Amazon.com.

- **Etapa 4. Web social.** Surgimiento de servicios que permiten comunicarse las personas entre sí a través de Internet. Destacan servicio como Facebook o Twitter.

El internet de las cosas (IdC) es la primera real evolución de Internet, siendo de gran importancia, ya que cambiara la forma de vivir, trabajar y aprender. El IdC ha innovado haciendo que el Internet sea sensorial, permite percibir la temperatura, la presión, humedad, vibración, luz, e inclusive el estrés, inclusive Internet ya está llegando a lugares inimaginables. También se ha tenido un gran avance en la medicina, ya que los pacientes ingieren dispositivos de Internet para que los médicos diagnostiquen y vean las causas de ciertas enfermedades. Se colocan sensores pequeñísimos en todos lados, plantas, animales, fenómenos geológicos y estos conectarlos a Internet (Evans, 2011).

Para poder obtener información, los datos son utilizados como materia prima procesada. Estos datos individuales no sirven de mucho, pero en cantidad permite identificar patrones y tendencias. Estas entradas de información conforman el conocimiento, siendo esto la información consciente. El conocimiento con el tiempo cambia, mientras que la sabiduría es experiencia y conocimiento, es atemporal, y comienza con la adquisición de los datos (Evans, 2011).



Figura 19. Pirámide transición de los datos a la sabiduría

Fuente: (Cisco IBSG, 2011)

## Tipos de interacciones en internet de las cosas

### Conexiones M2M

Las conexiones de máquina a máquina (M2M) se generan cuando los datos de una máquina u “objeto” son transferidos a otra máquina por medio de una red, tal y como se muestra en la figura 20. Las computadoras, los sensores, los dispositivos móviles y los robots forman parte de las máquinas. Se denomina “internet de las cosas” a las conexiones M2M. Un ejemplo, es cuando un auto conectado emite una señal, al momento de llegar a su hogar y esta red doméstica ajusta la iluminación del hogar y la temperatura de esta.

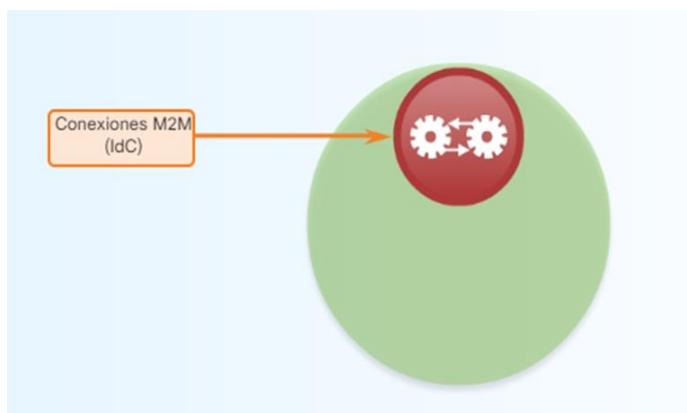


Figura 20. Conexión M2M

Fuente: (Netacad, 2019)

### Conexiones M2P

Estas conexiones, se dan cuando la información es transferible entre una máquina como lo puede ser un dispositivo móvil, computadora, etc., y una persona como se muestra en la figura 21. Nosotros como personas cuando obtenemos información de una base de datos o se realiza un análisis complejo, es una conexión M2P. Estas conexiones facilitan la manipulación y la información de datos de máquinas para ayudar a las personas a que tomen decisiones fundadas, al igual que facilitan el movimiento. Cuando se realizan acciones con razonamientos fundados se completa un ciclo de realimentación de IdC.

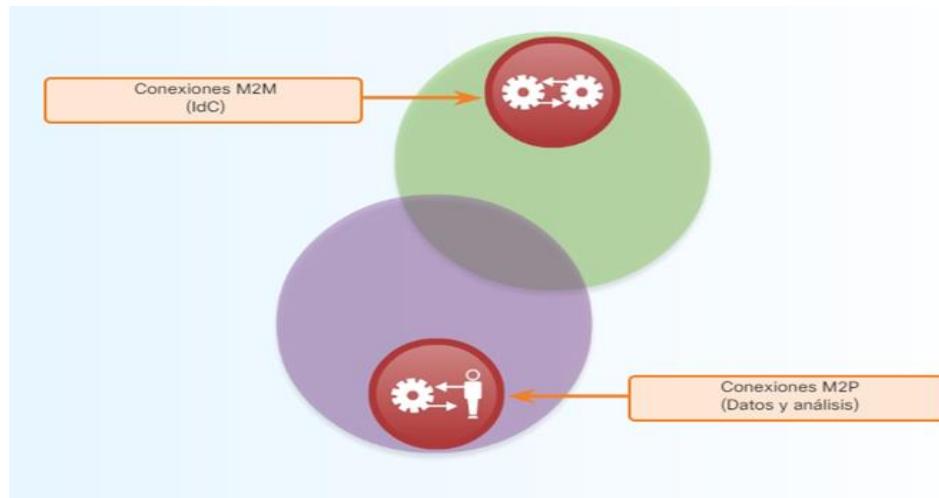


Figura 21. Conexiones M2P

Fuente: (Netacad, 2019)

## Conexiones P2P

Estas conexiones se dan cuando la información es transferible de una persona a otra persona. Se producen cada vez más a través de las redes sociales, video, dispositivos móviles. Estas conexiones P2P se denominan “colaboración”. El valor más alto del IdC, se alcanza cuando el proceso facilita la integración de las conexiones P2P, M2M y M2P, como se muestra en la figura 22.

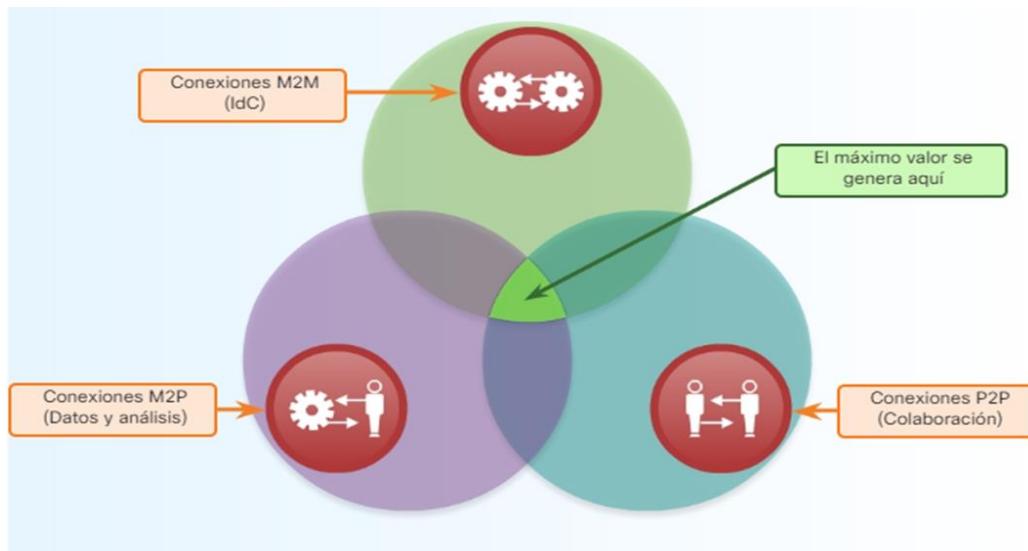


Figura 22. Integración de las conexiones M2M, M2P, P2P

Fuente: (Netacad, 2019)

## Smart city

Los efectos del desarrollo demográfico, resultado del desplazamiento de los habitantes hacia los centros urbanos, continúan siendo un desafío para las ciudades. La ONU señala que en la actualmente el 55% de la población mundial vive en áreas urbanas y se calcula que para el año 2050 se incrementará a un 68% (ONU, 2018). El incremento apresurado de la población urbana y los procesos de urbanización no planificados han creado ciudades complicadas que enfrentan desafíos cada vez más grandes. Esto nos exige repensar, reorientar y reestructurar nuestros sistemas de ciudades para adaptarnos a las demandas actuales, mediante nuevos modelos, planes y estrategias de progreso sostenible. Una ciudad inteligente o smart city trata de dar solución a los desafíos de la ciudad contemporánea mediante sistemas inteligentes interconectados, basados en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

De acuerdo con el ITU (2015), las ciudades inteligentes y sostenibles son aquellas que utilizan las TIC para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, al mismo tiempo que mejora los servicios urbanos, servicios administrativos de la ciudad y la competitividad, sin dejar de lado las necesidades sociales, culturales, ambientales y económicas de las generaciones actuales y futuras.

El CONUEE (2017), refiere que las ciudades inteligentes conectan a los ciudadanos mediante una infraestructura de telecomunicaciones, con el fin de hacer más eficiente el funcionamiento de las ciudades.

Una ciudad inteligente se sustenta por tres elementos básicos equiparables a las de un ser humano. El primero consiste en la capacidad de sentir (en el caso de las ciudades se realiza por medio de los sensores para captar el entorno); el segundo, es la capacidad de transmitir las percepciones (en el caso del ser humano lo hace a través del sistema nervioso y en el caso de las ciudades a través de las redes de comunicaciones para transmitir los datos a donde sean requeridos). Por último, la inteligencia entendiéndose como la capacidad de procesar los datos,

analizar los riesgos y tomar decisiones en base a los datos recopilados. (Saénz, 2011, como se citó en Różga y Hernández, 2019).

Así mismo, las ciudades inteligentes no solo se enfocan en la aplicación de las TIC para automatizar y modernizar sus procesos y servicios, sino que además, fomentan un medio ambiente saludable y sostenible, socialmente inclusivo, con una economía ecológica y una movilidad sostenible (Jiménez, 2016).

Cuando hablamos de una ciudad inteligente no nos referimos a una ciudad totalmente tecnificada y automatizada, en la cual el habitante hiperconectado pierde todo contacto humano, anulando así su probabilidad de ejercicio y contribución a la gestión, limitándose a ser un receptor de servicios. Quiere decir, que se trata de la colaboración de un “ciudadano inteligente” que realiza un rol esencial en el proceso de transformación de la ciudad ya que, mediante la tecnología interactúa con el entorno, contribuye con datos abiertos para la toma de decisiones y colabora en la planificación colectiva.

Diversos autores, Gutiérrez (2017), Telefónica (2011) y Bouskela, Casseb y Bassi (2016) han identificado que las ciudades inteligentes:

1. Utilizan **redes de conectividad** de banda ancha de alta velocidad, fijas y móviles para integrar los servicios públicos.
2. **Recolectan datos** por medio de **sensores inteligentes** colocados en diferentes puntos de la ciudad, brindando información en tiempo real sobre el flujo o movimiento de las personas, del ruido, contaminación ambiental, tráfico, condiciones climáticas, entre otros, permitiendo a las autoridades municipales actuar de manera oportuna y eficiente.
3. Usan **programas para análisis de datos** provenientes de diferentes fuentes, por ejemplo, de los sensores de humos contaminantes, sensores de ruido, sensores y cámaras de tráfico. También se analizan los datos generados por las personas (movilidad y redes sociales).
4. Usan aplicaciones móviles, portales web, y medios sociales bajo un concepto de **ciudadanos conectados**, permitiendo aumentar la participación de los

ciudadanos y que, a su vez, manden información a los centros de administración de la ciudad.

5. **Gestión del tráfico en tiempo real** para informar sobre incidencias en vialidades, transporte público, accidentes y congestionamiento vial, de tal forma que se favorezca conductas ecológicas.
6. **Gestión de estacionamientos inteligentes** que identifican la presencia de automóviles usando sensores inalámbricos para que el conductor conozca la disponibilidad de espacios en tiempo real usando sus dispositivos móviles.
7. Sistemas de **iluminación inteligente** conectados a una red de datos para hacer más eficiente el consumo de acuerdo con las condiciones del entorno.
8. **Uso de contenedores de residuos** equipados con sensores que monitorean el volumen de residuos, humedad, temperatura e inclusive el tipo de contenido. Los datos generados por los sensores permiten una mejor planificación de las rutas de recolección.
9. **Smart energy grid.** Pasar del modelo tradicional con un esquema unidireccional de información, en el que no hay retroalimentación del consumo de energía, a un esquema de comunicación bidireccional, en el que los hogares usan dispositivos de medida de consumo instantáneo y sistemas de monitorización de consumo interior en el hogar para un consumo eficiente y responsable.
10. En cuanto a la **seguridad** las ciudades tradicionales usan agentes para patrullar y vigilar la ciudad, y en contraste, en las ciudades inteligentes se usan cámaras de seguridad con capacidad de identificar situaciones sospechosas previniendo delitos, lo que resulta en un ahorro de tiempo y recursos humanos.
11. Adicionalmente en seguridad, con el **análisis de datos georreferenciados** es posible identificar la incidencia de crímenes en la ciudad, haciendo más eficiente la prevención de delitos.
12. **Digitalización de los servicios públicos.** Portales de internet para que los ciudadanos realicen sus pagos en línea, soliciten servicios, tramiten sus documentos y realicen sus quejas.

Lo anteriormente mencionado, permite a las autoridades municipales **optimizar las operaciones de la ciudad**, generando con ello una mejor movilidad, una mejor gestión ambiental, y una sostenibilidad económica y social.

Es preciso aclarar que lo mencionado anteriormente, es solo un preámbulo de los servicios que pueden ofrecer las ciudades inteligentes, puesto que el abanico de oportunidades de automatizar y hacer más “inteligentes” los servicios públicos es demasiado extenso, y el tiempo de transformación de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente se puede visualizar en el corto, mediano y largo plazo, y más, si tomamos en cuenta que la realización de algunos de los aspectos mencionados requieren de una correcta planeación.

### Elementos de una smart city

Una solución de smart city involucra procesos, tecnologías y personas. Desde el punto de vista científico, tiene cuatro elementos básicos (Bouskela, Casseb y Bassi, 2016):

- **Infraestructura de conectividad:** Una ciudad inteligente debe garantizar la existencia de redes de banda ancha que soporten aplicaciones digitales y además, garantizar que la conectividad esté presente en toda la ciudad. Esta infraestructura de comunicaciones se puede proporcionar usando diferentes tecnologías de red de datos que utilicen vías de transmisión (cables, fibra óptica y redes inalámbricas (Wi-Fi, 3G, 4G o radio).
- **Interfaces de Comunicación** Después de establecida la infraestructura de Tecnologías de Información, se añade la capa de aplicaciones y sistemas de comunicación que se desempeñaran como interfaz entre la administración y los diferentes departamentos de la ciudad y los ciudadanos. Esos sistemas permiten la formación de aplicaciones móviles que recopilan datos y la gestión participativa por parte de los ciudadanos –y/o que permiten que la urbe se comunique con ellos para mandar alertas de contingencia o sugerencias de transporte. Una manera de garantizar que todos los

ciudadanos tengan acceso a los servicios digitales dentro del centro urbano es trabajar con plataformas abiertas y disponibles para toda la población.

## Casos de éxito de ciudades inteligentes

A continuación, se hace una revisión de algunos casos de éxito.

### **Tel Aviv, Israel**

Tel Aviv es la segunda ciudad con más población, y representa el principal centro comercial, tecnológico y cultural de Israel y ha empleado el uso de la tecnología para mejorar la calidad de vida en la ciudad. Tel Aviv ha implementado los siguientes servicios inteligentes en la ciudad (Toch y Feder, 2016):

### **Transporte y movilidad urbana**

- Control de tránsito: Monitorea el flujo del tránsito para resolver problemas de manera inmediata. Emplea sensores de volumen de vehículos, cámaras de tránsito y de los sistemas de terceras partes, tales como Waze.
- Estacionamiento: Todos los espacios de estacionamiento de propiedad municipal comparten datos sobre la disponibilidad o de la ubicación de estos.
- Transporte público: Utiliza pantallas en paradas de transporte, que operan a base de energía solar, indican los autobuses que están próximos a llegar a la estación a partir de datos GPS en tiempo real.
- Sistemas de uso compartido de bicicletas: la ciudad implementó un sistema de uso compartido de bicicletas que incluye una aplicación móvil que permite a los usuarios conocer dónde está la estación más cercana y la disponibilidad de bicicletas.

### **Medio ambiente**

- Sistema de riego. Implementación de un sistema de riego remoto en tiempo real.

- Estaciones de monitoreo. Estaciones de monitoreo de contaminación.

## **Seguridad**

- Instalación de cámaras de vigilancia, análisis automático de imágenes para detectar vandalismo, instalación de sistemas de alarma en escuelas y lugares públicos. Todo es operado por el Centro Integrado de Operaciones y Control.

## **Interacción con los ciudadanos y mecanismos de comunicación**

Acceso a servicios en línea a través de una aplicación móvil para reportar incidentes (baches, fugas, etc.). Uso de redes sociales para compartir información relevante con los ciudadanos y recibir retroalimentación. En la figura 23, se pueden observar algunas de las actividades inteligentes que hacen de Tel Aviv, una ciudad inteligente.



Figura 23. Actividades inteligentes en la ciudad de Tel Aviv, Israel

Fuente: (Toch y Feder, 2016)

Los servicios mencionados anteriormente, solo representan una parte de los servicios inteligentes que se ofrecen por parte de la ciudad.

## Medellín Colombia

Medellín es la segunda ciudad más habitada de Colombia. Con el programa Medellín Ciudad Inteligente se busca la generación de servicios, y estrategias de conectividad publica para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos con el entorno y la administración pública municipal. Medellín ofrece los siguientes servicios de ciudad inteligente (Amar, 2016).:

- **SIMM Sistema Inteligente de Movilidad Medellín.** Busca mejorar la movilidad optimizándolas vías y mejorando la seguridad, disminución de tiempos de desplazamiento y difusión de información al usuario.
- **Paneles de mensaje variables.** Tableros electrónicos en lugares estratégicos para toma de decisiones informadas sobre rutas, tiempos de viaje, índices de accidentes, etc.
- **Detección electrónica** de infracciones viales.
- **Control de semáforos.** Conexión de semáforos mediante banda ancha para toma de decisiones con respecto a situaciones de tráfico en pro de una mejor movilidad.
- **Sistema de Alertas Temprana (SIATA).** Alertar de manera oportuna a la población sobre la probabilidad de ocurrir fenómenos hidrometeorológicos extremos que puedan generar situaciones de riesgo.
- **Red de monitoreo de ruido ambiental.**

Estos son solo algunos de los servicios que se ofrecen por parte de la ciudad de Medellín.

## Desarrollo

### Durango

El estado de Durango tiene una extensión de 123,317 km<sup>2</sup>. Se encuentra en el norte del país y en el centro-oeste de la altiplanicie mexicana. En una parte del

territorio el clima es seco y semiseco; otra parte del territorio posee un clima templado subhúmedo. Cuenta con una temperatura media anual aproximada de 17 grados centígrados, y una precipitación total anual de 500 mm (S.E., 2014).

Posee una población total de 1,632,934 personas, de las cuales el 50.8% son mujeres y el 49.2% son hombres, de acuerdo con el censo de población y vivienda 2010. El 69% de la población se encuentra en áreas urbanas. Con respecto al nivel educativo, en el periodo 2013-2014 se obtuvo un grado promedio de escolaridad de 8.9. Contó con un bajo índice de analfabetismo (3.0%) en comparación con el total nacional (6.0%), como se muestra en la figura 24.

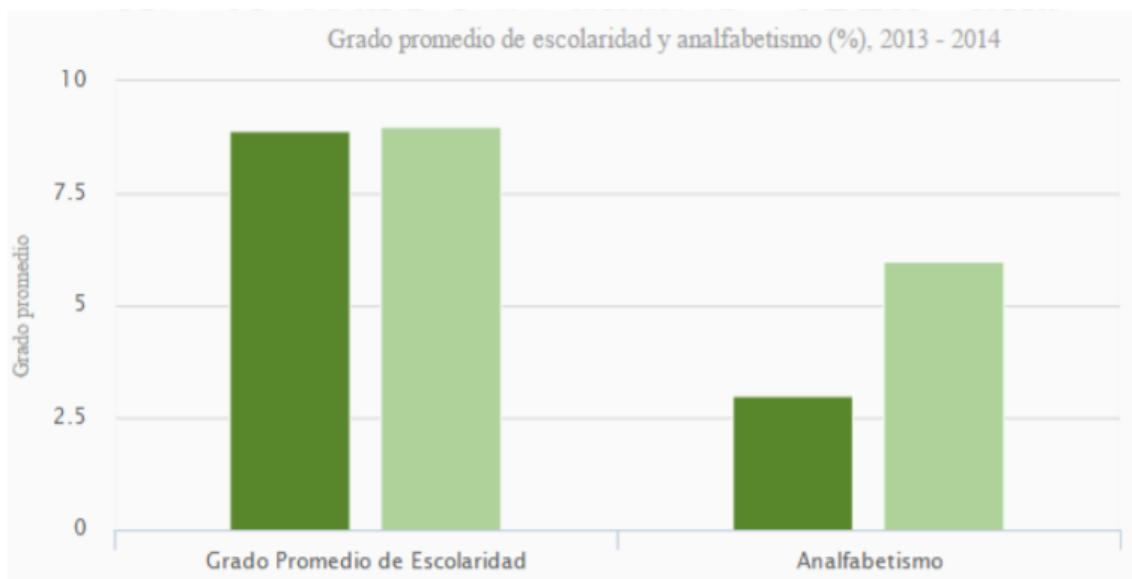


Figura 24. Grado de escolaridad y analfabetismo en Durango

Fuente. (S.E., 2014).

En lo que respecta a la actividad económica del estado, las principales actividades se encuentran: el comercio con un 14.5%; los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles representan el 12.3%; mientras que la industria alimentaria es del 9.9%; la agricultura, cría y explotación de animales, pesca y caza, y el aprovechamiento forestal un 9.8% y, la construcción un 8.8%. Juntas representan el 55.3% del PIB estatal. Estos datos se pueden observar en la figura 25.

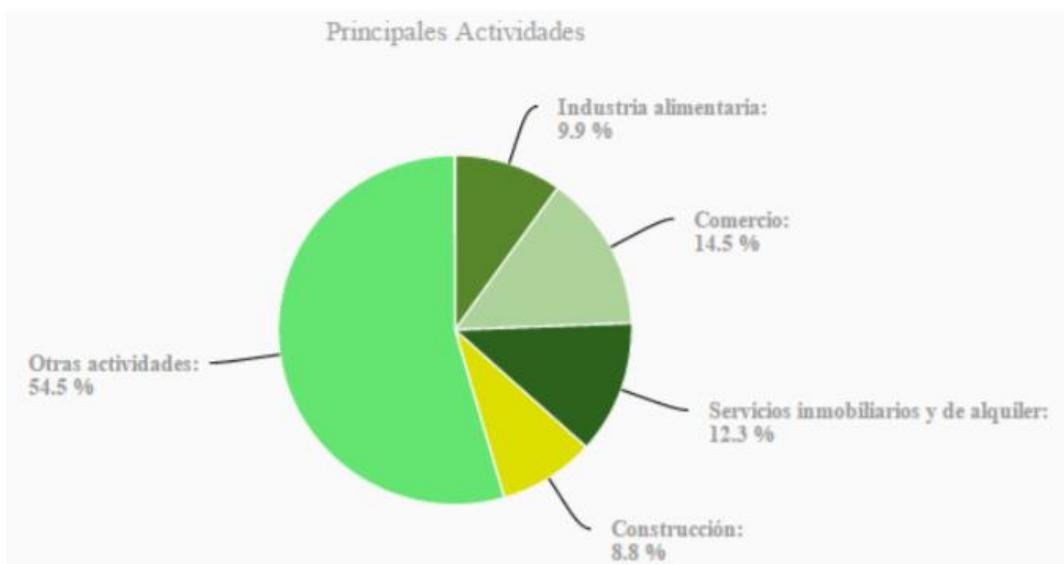


Figura 25. Principales actividades económicas del Estado

Fuente. (S.E., 2014).

A Durango se le llama a nivel nacional e incluso internacional como "la tierra de los alacranes" porque existen muchos alacranes en la ciudad, principalmente en la zona colonial; así como también se le conoce como "la tierra del cine", existen más de 120 producciones cinematográficas tanto nacionales como extranjeras, por lo cual en las décadas de los 50, 60, 70 y 80 se ganó este sobrenombre. Una de las características que atrajo a los productores fue el majestuoso cielo azul con sus rojizos y hermosos atardeceres.

Durango tiene una gran diversidad geográfica para realizar varios deportes extremos como, bicicleta de montaña, rapel, escalada libre, entre otras, ya que Durango cuenta con imponentes quebradas, cascadas de hasta 80 metros de altura como lo es el Salto del Agua Llovida, lagos de más de 800 metros de diámetro como el de Puentecillas, parajes como Mexiquillo y su gran desierto donde se ubica la popular zona del Silencio.

## Propuesta

En la siguiente propuesta se tiene como objetivo hacer del Estado de Durango uno de los destinos turísticos más visitados en el Norte de México ya que

por su riqueza, patrimonio cultural y natural la convertiría en una atracción para los turistas. Es por ello por lo que, mediante una transformación digital, se pretende brindar a los turistas servicios de mayor calidad. Cabe mencionar que en la propuesta solo se incluyen algunos de los elementos mencionados anteriormente, pero marcan un inicio en la transformación de una ciudad a ciudad inteligente y/o destino inteligente.

Los avances tecnológicos actuales tanto en dispositivos como software están convirtiendo los modelos de interacción personal en experiencias cada vez más digitales, el uso de aplicaciones móviles, teléfonos inteligentes, video colaboración, redes sociales, geolocalización, chats, etc., que se interconectan a la internet requieren de infraestructura tecnológica más potente, tanto para soportar la cantidad de información generada pero más importante para analizarla y con base en esa información de valor, poder superar las expectativas de los usuarios, permitiendo el acceso a tecnologías de punta, sentando así una base sólida de desarrollo comercial, social y económica.

El avance tecnológico en la electrónica, dispositivos y software están convirtiendo los modelos de interacción en experiencias digitales a través del uso de aplicaciones móviles, teléfonos inteligentes, dispositivos inteligentes, redes sociales, geolocalización, entre otras experiencias. Esta interacción requiere de una mejor infraestructura tecnológica, tanto para soportar la cantidad de información generada, pero sobre todo para analizarla, sentando así una base sólida de desarrollo comercial, social y económico (de la Paz, 2019).

Por tal motivo, se propone implementar una aplicación, la cual hará más placentera la estadía de los turistas en la ciudad de Durango, al facilitar gestiones y ofrecer información de diferentes ámbitos, así como también los ciudadanos se pueden beneficiar y tener una mejor calidad de vida, ya que al atraer más turistas incrementan las posibilidades de crecimiento económico, mejora la movilidad, hay un ahorro energético, se crean nuevos empleos, etc.

Todo esto se pretende lograr realizando cambios tanto en infraestructura, transporte público, luminarias, distribución de sensores y cámaras de video que

estarán instalados en puntos estratégicos donde los turistas visitan con mayor frecuencia. Además de ofrecen wifi gratuito, permitirá recolectar datos que servirán para ofrecer mejores servicios. El Big data arroja información importante con la cual se realizan estadísticas de sitios más concurridos, ofreciendo recomendaciones que se le puede proporcionar al turista.

Lo primero a realizar es acceder a la **aplicación “Turista inteligente en Durango”** la cual puede ser gestionada desde un celular (Android/ iOS), donde se muestran diferentes servicios, opciones y actividades que se le brinda al turista.

Si es un usuario nuevo, hay que registrarse primero, y si ya estás registrado inicias la aplicación seleccionando la ciudad de origen, posteriormente se podrá elegir qué actividad a realizar o bien qué lugar es más atractivo para el turista, mediante la localización GPS se brindara la ruta a seguir desde la ubicación actual del turista al punto de destino. En caso de elegir algún recorrido por el centro histórico, gracias a los sensores implementados en monumentos, estatuas, museos o edificios emblemáticos detectara al turista y le brindara una reseña auditiva. Otra ventaja es que, mediante la opción de un video tutorial, el turista podrá recibir atención en caso de tener alguna duda acerca del manejo de la aplicación. También se ofrecerá la opción de hacer alguna recomendación con el fin de una mejora continua.

Con dicha aplicación se podrá acceder a:

1. **Pueblos Mágicos.** Mapimí y Nombre de Dios son pueblos mágicos dentro del estado de Durango, y según la elección del turista se desplegará una breve reseña de su clima, vegetación, gastronomía y atracciones recomendadas a realizar.
2. **Restaurant.** Muestra opciones de restaurantes en la capital de Durango, fotos, horarios que manejan, se podrá filtrar por tipo de comida y en caso de elegir alguno la capacidad.

Ventaja: Ahoras tiempo en elección, en trayecto y tiempo de espera.

3. **Recomendación fotográfica.** Simplemente usando la cámara del dispositivo móvil, este ingenio de localización comenzará a proporcionar datos útiles alrededor de la posición (cajeros, tiendas, monumentos, dulcerías, pastelerías, etc.).
4. **Centro Histórico.** En el centro histórico de la ciudad se encuentran algunos monumentos, estatuas, museos y ciertos lugares históricos o culturales, adaptados con sensores que según la ubicación del turista se le recomienda una ruta para disfrutar de un recorrido, gracias a la interconectividad y wifi gratis, nos permite que al momento de pasar por el sitio a visitar, nos despliegue en nuestro dispositivo móvil, la historia del mismo o una pequeña reseña, de igual manera lo hará de manera auditiva, en el caso del corredor Constitución en el cual se encuentran varias estatuas, se desplegará una imagen virtual la cual mediante audio nos contara de su historia.
5. **Transporte público.** Los autobuses contarán con sensores, los cuales nos indicaran la ubicación y el tiempo que tarda en llegar a la parada en que se encuentra la persona que solicita el servicio.
6. **Tráfico en la Ciudad.** Las principales calles de la ciudad, mediante intercomunicación y transmisión de datos entre sensores, dispositivos móviles y del navegador del vehículo, indicarán el tráfico del lugar a transitar, facilitar el aparcamiento en estacionamientos próximos a los lugares de interés del turista, posibilidad de realizar reservas on-line a través de dispositivos móviles, se contara con un sistema de predicción de plazas libres en distintos parkings, así como sugerencias de parkings próximos y aplicaciones para discapacitados.
7. **De todo un poco.** Aquí se proporciona mediante filtros opciones de hotel, bares, centros recreativos, así como también costos, horarios, disponibilidad, dirección y ruta recomendada a seguir.
8. **Emergencia y seguridad.** Se muestra las dependencias de seguridad pública, protección civil, cruz roja, clínicas y hospitales, así como su número

telefónico, dirección, ruta más corta a seguir. Gracias a las cámaras de vigilancia y sensores de audio que se encuentran en diferentes puntos estratégicos, en caso de una emergencia, de robo o de alguna colisión mandan señales de alerta a la policía o a la dependencia necesaria la cual da respuesta y atención a la brevedad posible.

Además, la ciudad contará con energía y desarrollo sostenible, logrando un ahorro energético en el alumbrado público con tecnología LED, sensores de medida de la luz ambiental, permitiendo la regulación del alumbrado en función de las condiciones de luminosidad, el uso de energías renovables, como la solar.

### **Turista inteligente en Durango**

Con el uso de la aplicación “Turista inteligente en Durango” (figura 26), se espera que aumente el turismo, que sea una ciudad más atractiva, dando a conocer a través de la misma y con un fácil acceso lo que puede ofrecer la ciudad tanto en espacios recreativos, edificación, transporte, servicios médicos o emergencia, alimentación, hoteles, recorridos entre otros, haciéndolo un destino turístico más innovador y que el turista pueda planificar su próxima visita.



Figura 26. Pantalla de inicio “Turista inteligente en Durango”

Fuente: Elaboración propia

Cuando ya se registró el usuario y seleccionó su ciudad de origen, muestra la pantalla de bienvenida que se muestra en la figura 27. Ahí se presentan las opciones de pueblos mágicos, restaurantes, centro histórico, transporte público, emergencias y seguridad, video asistencia, y en donde el turista podrá seleccionar la opción que quiera.



Figura 27. Elementos de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

En caso de seleccionar la opción de centro histórico, se muestra una lista de lugares que se le recomienda al turista, así como también, se aprecia en la pantalla fotos de algunos edificios que se encuentran dentro del centro histórico con el fin de captar más la atención del turista. Véase la figura 28.



Figura 28. Opción centro histórico

Fuente: Elaboración propia

En la opcion de transporte publico se muestra un boton donde el turista puede seleccionar su ubicación actual y se le muestra en tiempo real,la hora aproximada de llegada del proximo autobus. Vease la figura 29.

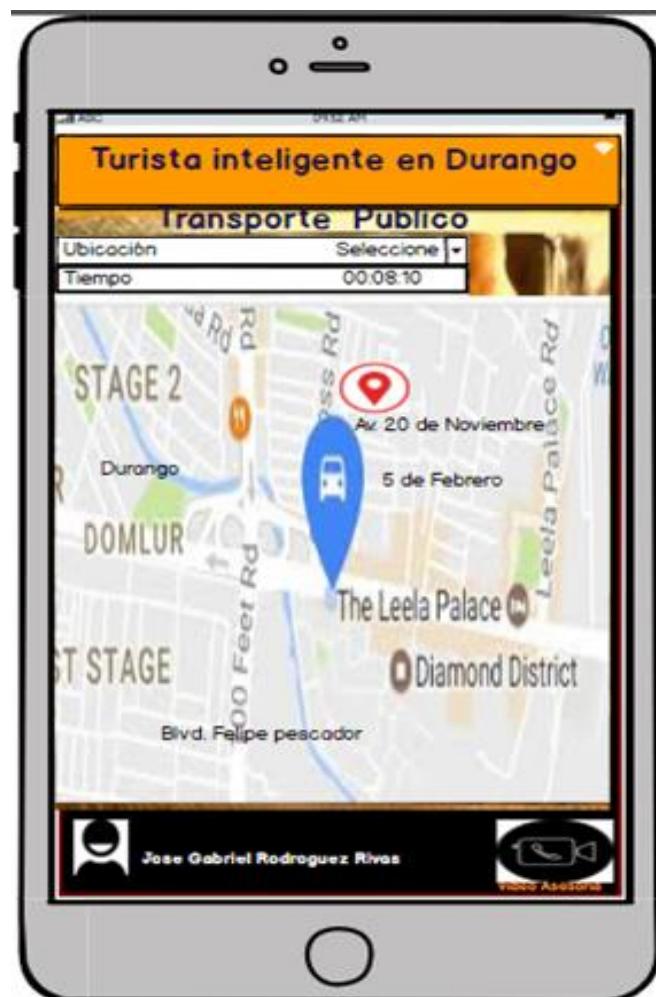


Figura 29. Opción transporte público

Fuente: Elaboración propia

## Iluminación inteligente

En el estado de Durango, un factor muy importante son sus ciudadanos y en base a ello se propone el cambio de las luminarias con tecnología de Schréder Socelec (compañía con más de 100 años de experiencia en el sector de iluminación) ya que en la mancha urbana se encuentran cientos de ellas fundidas y espacios muy amplios sin una buena iluminación, si no se realiza el cambio total de luminarias al menos que sea en los puntos de más concurrencia.

Con la nueva instalación se espera un ahorro energético proporcionado por las lámparas LED, el rastreo en tiempo real de cada luminaria tele-gestionada punto a punto y con un horario programado para diferentes horarios y optimizar así el consumo de energía.

Con las columnas de iluminación Shuffle (véase la figura 30), además de proporcionar una iluminación inteligente, proporciona servicios adicionales como: cámaras de vigilancia puntos de acceso wifi, altavoces, señalización especial en casos de emergencia e incluso, cargadores de vehículos eléctricos. Estos sistemas pueden ser gestionados por cualquier dispositivo con conectividad inalámbrica gracias al uso de protocolos comunes y abiertos. Con un sistema Owlet IoT de control remoto para supervisar, medir y gestionar la red de alumbrado (EsmarCity, 2017).



Figura 30. Columna de iluminación shuffle

Fuente: (EsmarCity, 2017)

Owlet LoT está basado en estándares abiertos y pensado para interactuar con plataformas de ciudades inteligentes de mayor tamaño, por lo que queda abierto a integraciones futuras y se “adaptará al crecimiento natural y progresivo de la ciudad”. En la figura 31, se muestra un esquema de funcionamiento de un sistema de alumbrado público conectado

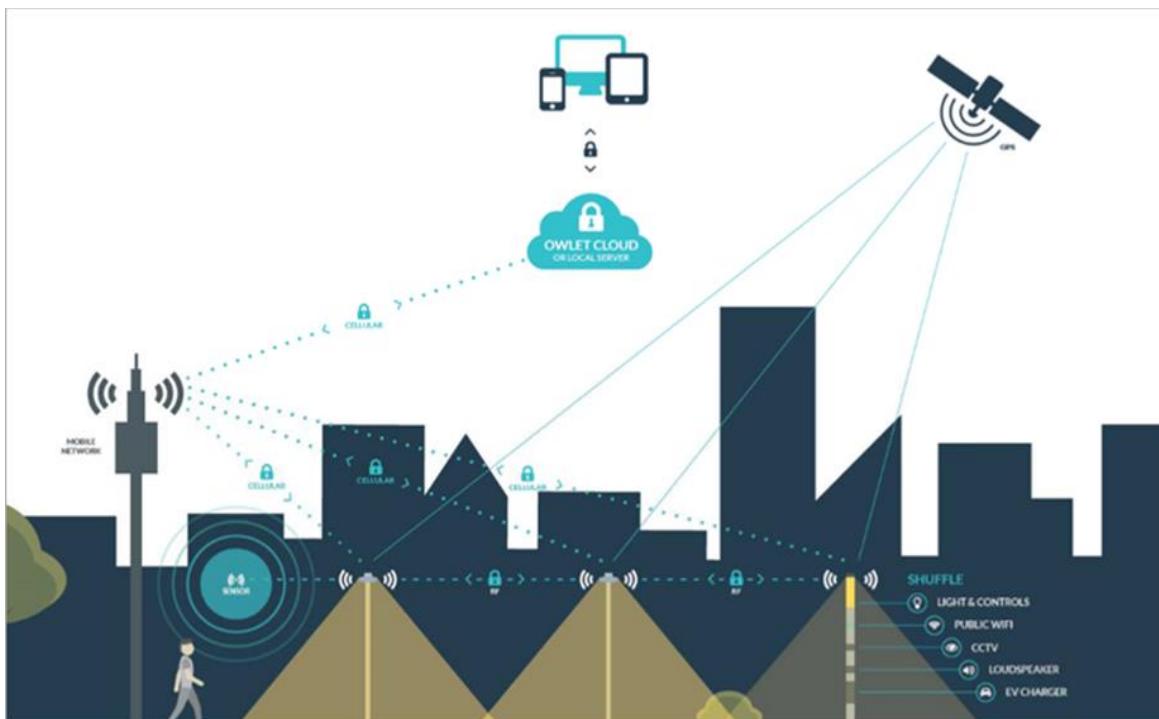


Figura 31. Funcionamiento del sistema de alumbrado público conectado

Fuente: (ESMARTCITY, 2017)

El sistema de iluminación inteligente proporciona a los ciudadanos seguridad y confort, mientras que al ayuntamiento le permite realizar un constante monitoreo y además controlar el consumo energético. En cada luminaria se tendrá un controlador para facilitar su tele gestión y conectividad. El controlador incorpora un lector de radiofrecuencia que permite leer la etiqueta y automáticamente almacenar la información. Un sensor GPS determina la ubicación exacta y el perfil de la luminaria, y es capaz de detectar cambios en la ubicación.

Mediante una comunicación celular 3G y tecnología de radiofrecuencia, se realiza la conexión entre las luminarias con una topología mallada entre las

luminarias y el interfaz de usuario. Esta comunicación es dinámica y en tiempo real. La red de comunicación permite una reacción instantánea a eventos configurados, como detección de movimiento o presencia.

Todos los datos y conductas de cada luminaria se pueden ver mediante una aplicación online a la que se pudo acceder desde cualquier ordenador, tableta o dispositivo móvil conectado a Internet.

Gracias a que este modelo tiene acceso a otros servicios se puede mejorar otros aspectos como la seguridad mediante las cámaras wifi y sensores los cuales pueden distinguir una colisión o un llamado de emergencia, mandando la señal a las autoridades correspondientes las cuales tienen que estar interconectadas.

## Conclusiones

El Internet de las cosas tiene como función principal, el poder conectar el máximo de objetos ya sea mecánicos, digitales, animales, personas o cualquier objeto capaz de transferir datos a través de la red. El LoT está compuesto por sensores, procesos e infraestructura, la conexión entre los objetos puede ser de 3 formas ya sea de M2M (máquina a máquina), P2P (persona a persona), y M2P (maquina a persona).

Por otro lado, las ciudades inteligentes es un concepto “nuevo” nacen gracias a la evolución que ha tenido el internet de las cosas (LoT), no solamente se requiere de internet, sino de todos los dispositivos con capacidad de conectarse a internet para ofrecer un servicio ya sea de productividad, entretenimiento, de información o almacenamiento.

Las ciudades inteligentes buscan mejorar la calidad de vida de los habitantes, la eficiencia de los servicios urbanos, ser una ciudad innovadora, que optimice sus recursos, que sea una ciudad accesible para todos, sostenible y móvil o sea que no

solo requiera de internet wifi, también de aplicaciones que ayuden a moverse por la ciudad.

Un factor importante para las ciudades inteligentes son sus ciudadanos, pero también requiere de tecnologías de punta como: Big data, geolocalización, servicios en la nube para la toma de decisiones predictivas, cambios en su infraestructura logrando una modernización y transformación.

Transformar una ciudad contemporánea a una inteligente requiere de tiempo, mas no es imposible ya que sus beneficios son bastantes, vale la pena innovar. En este trabajo académico, se realizó una propuesta la cual va dirigida directamente al turismo inteligente, pero trae consigo beneficios adicionales que puede favorecer a los ciudadanos locales.

## Referencias

- Amar, D. F. (2016). Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes. Medellín Colombia: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Estudios-de-casos-internacionales-de-ciudades-inteligentes-Medell%C3%ADn-Colombia.pdf>
- Blanco, J. (2015). *Libro blanco de los destinos turísticos inteligentes*. Editorial Almuzara.
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., y Facchina, M. (2016). *La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente* (Vol. 454). Inter-American Development Bank. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-ruta-hacia-las-smart-cities-Migrando-de-una-gesti%C3%B3n-tradicional-a-la-ciudad-inteligente.pdf>

Bueno V. D. (s.f.). Administración Inteligente para una Ciudad Inteligente. [Figura].

Recuperado de: <https://es.slideshare.net/davidbuenov/administracion-inteligente-para-una-ciudad-inteligente-plataformas-de-ciudad>

CONUEE (2017). Ciudades inteligentes. Movilidad y transporte. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía CONUEE. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/272270/smartcity\\_MODIFI\\_CADA.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/272270/smartcity_MODIFI_CADA.pdf)

Copaja-Alegre, M., y Esponda-Alva, C. (2019). Tecnología e innovación hacia la ciudad inteligente. Avances, perspectivas y desafíos. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(2), 59-70.

Cisco IBSG (2011). Internet of things. Cisco Internet Business Solutions Group.

De la Paz, M. M. (2019). Llevando la tecnología a nuevos límites en favor del turismo y los negocios. Tequila Inteligente. Recuperado de: <https://tequilainteligente.com/2019/01/25/llevando-la-tecnologia-a-nuevos-lmites-en-favor-del-turismo-y-los-negocios/>

Esmartcity. (2017). La evolución del alumbrado público conectado hacia un sistema de gestión para Smart Cities. Esmartcity. Recuperado de: <https://www.esmartcity.es/2017/07/28/evolucion-alumbrado-publico-conectado-sistema-gestion-smart-cities>

Evans D. (2011). Internet de las cosas: Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). Recuperado de:

[https://www.cisco.com/c/dam/global/es\\_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf)

Fernández A. A., López J. M., Moreno-Izquierdo L., Perles J. F., Ramón-Rodríguez A. B., y Such M. J. (2017). Innovación y destinos inteligentes: oportunidad para el know how turístico español.

ITU (2015). Ciudades inteligentes y sostenibles. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recuperado de: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounder/Pages/smart-sustainable-cities.aspx>

Jiménez, L. (2016). Hacia ciudades y territorios inteligentes, resilientes y sostenibles. *Gestión y gobernanza para la gran transición urbana*. Madrid: Asociación para el Sostenibilidad y progreso de las Sociedades.

Mundo ejecutivo (2017). ¿Cómo es que Tequila se convirtió en Smart City?. Grupo Mundo ejecutivo. Recuperado de: <https://mundoejecutivo.com.mx/habitat/2017/09/22/como-que-tequila-se-convirtio-smart-city/>

Netacad (2019). Curso virtual de Internet de las Cosas. Cisco Networking Academy (NetAcad). Recuperado de: <https://www.netacad.com/>

Rózga Luter, R. E., & Hernández Mar, R. (2019). El Concepto de Ciudad Inteligente y Condiciones para su implementación en las ciudades latinoamericanas más importantes.

SE, Secretaría de Economía. (2014). Información económica y estatal Durango. Secretaría de Economía, Delegación de Durango. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/43333/Durango.pdf>

SEGITTUR (2012). Sociedad Mercantil Estatal para la Gestión de la Innovación y las Tecnologías Turísticas. SEGITTUR.

SEGITTUR (s.f). Sociedad Mercantil Estatal para la Gestión de la Innovación y las Tecnologías Turísticas. Recuperado de: <https://www.segitur.es/opencms/export/sites/segitur/.content/galerias/descargas/documentos/Presentacion-Destinos-Turisticos-Inteligentes.pdf>

Toch, E., y Feder, E. (2016). Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes. Tel Aviv, Israel: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/estudios-de-casos-internacionales-de-ciudades-inteligentes-tel-aviv-israel>

Telefónica, F. (2011). *Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas* (Vol. 16). Fundación Telefónica.

ONU (2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas (ONU). Recuperado de: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>

## Capítulo 3. De pueblo mágico hacia una ciudad inteligente

**I.S.C Gilda Zumarán Aguilar**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[94040755@itdurango.edu.mx](mailto:94040755@itdurango.edu.mx)

**Dr. Netzahualcóyotl Bocanegra Vergara**

Universidad Pedagógica de Durango

[netzabv@upd.edu.mx](mailto:netzabv@upd.edu.mx)

**Dr. Édel Pérez Esparza**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[eperez@itdurango.edu.mx](mailto:eperez@itdurango.edu.mx)

### Introducción

En México, un pueblo mágico representa un sitio con historia y leyendas, y que en algunos casos fueron escenario de hechos trascendentales en la historia, además, de ser un símbolo de identidad nacional en cada uno de sus rincones. Actualmente existen 132 pueblos mágicos en el país (SECTUR, s.f.).

Nombre de dios, es un pueblo mágico ubicado en el estado de Durango, famoso por la elaboración de mezcal, vinos de fruta y dulces cristalizados. Se integro al programa de pueblos mágicos el 11 de octubre de 2018 (SECTUR, s.f.). Se ubica a 40 minutos de la capital de Durango. La producción de mezcal representa una actividad importante de la región.

Por otra parte, los desarrollos en la ciencia y la tecnología han permitido en los últimos tiempos, mejorar las condiciones de vida de los seres humanos. Esto permitió mejorar muchos procesos en la vida diaria de las personas, incluida la agricultura.

La agricultura desde los comienzos de la civilización ha forjado al ser humano hasta esta época, de hecho, la base de la alimentación pasada y actual sigue dependiendo de ella. Dada la importancia de la agricultura desde hace mucho

tiempo se viene trabajando en sistemas que permitan optimizar procesos, para mejorar la producción.

Estos procesos han estado vinculados con las mejoras genéticas de las plantas, erradicación de plagas, técnicas de siembra entre otros. Los cambios extremos en el clima, en muchas regiones del campo mexicano afectan directamente el comportamiento de la productividad de los cultivos.

A raíz de estas situaciones, se han venido desarrollando nuevas tecnologías que deriven en conocer el estado de los cultivos, que van desde las condiciones de humedad del suelo, temperatura, y niveles de radiación. La tecnología es y seguirá siendo muy importante y necesaria para la humanidad, pero tal vez aún no ha sido bien aprovechada en sectores como el agropecuario y especialmente en México.

La posibilidad de la incorporación de las tecnologías relacionadas con el Internet de las Cosas (IoT), la recolección de información, el monitoreo y la evaluación de un sistema de cultivo resulta determinante para una efectiva toma de decisiones, mejora o corrección de la producción para alcanzar el necesario abastecimiento, y más aún, cuando el inadecuado manejo de recursos hídricos deja en peligro esta necesidad (Gómez, Castaño, Mercado, García, y Fernández, 2018).

Los avances en las tecnologías de la información en la última década han logrado que estos conceptos importantes tales como el IoT, y medios de almacenamiento de datos, se hayan integrado notoriamente en las diversas soluciones en los diferentes campos de acción, como son las ciudades inteligentes (*smart cities*), medicina, monitoreo ambiental, seguridad y otros.

Este capítulo, describe una propuesta de implementación de un sistema de IOT para el riego y monitoreo de cultivos de mezcal en el poblado de Nombre de Dios, Durango, México. El sistema de monitoreo consta de sensores que recolectan los datos de los parámetros a observar. Para fines de esta propuesta, los parámetros valorados están relacionados con los niveles de humedad del suelo, humedad y temperatura ambiental, y nivel de radiación.

El control permanente de estos valores es determinante en la calidad de los cultivos, aún más cuando se trata de una producción de mezcal. Una de las ventajas más importantes que ofrece el aplicar el internet de las cosas en la agricultura, por ejemplo, no es necesario tener siempre a una persona realizando tareas como el riego de los cultivos (prescindir de), cuando se puede aprovechar el recurso humano en el embalaje o despacho del producto. La aplicación de esta tecnología permite que, con solo un clic o con la programación de eventos, se puede realizar automáticamente esta labor, ahorrando tiempo, cuidar el medio ambiente, gastar solo la cantidad de agua necesaria, y utilizar el capital humano donde realmente es necesario.

La interacción del usuario con el sistema se realizaría por medio de un módulo web, que permitiera el control, el análisis y la visualización de los datos, logrando tomar decisiones de forma inmediata y disminuir riesgos sobre la integridad de los cultivos.

Es preciso mencionar que Tequila, otro pueblo mágico ubicado en el estado de Jalisco, es reconocido como una ciudad inteligente, en donde se emplean las nuevas tecnologías de la información y comunicación, y la transformación digital para posicionarse como un destino turístico, cultural, sostenible e inteligente (Tequila Inteligente, 2019).

Con la adopción de tecnologías de agricultura de precisión sustentadas por el IOT, permitirá dar un primer paso hacia una transformación hacia una ciudad inteligente y sostenible al pueblo mágico de Nombre de Dios.

## Objetivo general

Desarrollar propuesta de aplicación de internet de las cosas con una infraestructura de comunicación e información, e implementarla en un sistema de agricultura de precisión en los cultivos de mezcal en Nombre de Dios, Durango.

## Objetivos específicos

- Realizar revisión de tecnologías y equipo tecnológico necesario para generar propuesta de Internet de las Cosas para Agricultura de Precisión.
- Generar propuesta de Internet de las Cosas del montaje de la infraestructura de comunicación del proyecto por medio de elementos propios de Agricultura de Precisión.
- Realizar propuesta de la recepción de datos entregados por los sensores en el cultivo del mezcal por medio de un concentrador, con el fin de realizar el registro en una base de datos.

El desarrollo de esta propuesta pretende en caso de una posible implementación, mejorar la calidad y productividad del sector agroindustrial, por lo que su impacto es muy positivo de cara al crecimiento de la economía local.

Gracias a la automatización de procesos, los agricultores podrían dedicar más tiempo al estudio de sus cultivos. Mediante la recolección y el análisis de datos, podrían optimizar recursos como el agua de riego, temperatura, humedad, fertilizantes o pesticidas. Todo esto se puede traducir en una importante reducción de costos y en una mejora de la calidad del producto.

## Marco teórico

En este apartado se presentan conceptos relacionados con una infraestructura de red de cómputo, internet, internet de las cosas, tecnología y recursos para internet de las cosas, aplicaciones de internet de las cosas, ciudades inteligentes, agricultura inteligente, entre otros.

## Redes informáticas

Los grandes avances que se han dado en recientes años en el campo de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), han tenido consecuencias favorables, esto ha permitido y favorecido el tener un contexto globalizado e interconectado. La llamada sociedad de la información ha traído consigo un enorme

incremento en el número de interacciones entre individuos, así como entre individuos y organizaciones (Tintín, Caiza y Caicedo, 2018).

Este aumento de interconexiones e interacciones es fundamentalmente debido al aumento y poder de cualquier tipo de infraestructura de las redes de cómputo como parte de la evolución de las TIC.

De manera general, una red de cómputo o una red informática puede generalizarse como una infraestructura tecnológica que permite conectar cualquier equipo y dispositivos de cómputo con la finalidad de compartir recursos. Las redes implican la interconexión de los equipos a través de dispositivos electrónicos que permiten el envío y la recepción de señales electrónicas convertidas a datos (Tintín, Caiza y Caicedo, 2018).

Existen distintos aspectos y elementos que tienen que ver con una red de cómputo, entre los que se destacan servidores, estaciones de trabajo, dispositivos de comunicación y enlace, software (SW) y hardware (HW) que se comparte, protocolos de comunicación, arquitectura de red, sistema operativo, además funciones importantes tales como la administración y seguridad de esta, entre muchos otros.

Las redes de cómputo dieron lugar a uno de los avances más significativos en la evolución del hombre, el internet.

## Internet

Internet se refiere a una red de redes, es decir, no se trata de una sola red, sino que es un gran conjunto de redes conectadas bajo un mismo protocolo, y que proporcionan una amplia gama de servicios (Tanenbaum, 2003).

Anteriormente, el crecimiento del tráfico se debió principalmente a una mayor penetración de los servicios de internet de banda ancha fija, esto ahora está siendo impulsado por el crecimiento de la banda ancha inalámbrica. Existe una relación en la evolución conjunta entre una mayor disponibilidad de conectividad inalámbrica a

internet impulsada por la proliferación de puntos de acceso Wi-Fi (tecnología inalámbrica de banda ancha) (Oughton, Lehr, Katsaros, y Selinis, 2021).

Cuando se combina la proliferación de puntos de acceso con dispositivos de mayor potencia, con una creciente demanda de uso de internet se está destinado a depender cada vez más al uso de esta tecnología para desarrollar actividades cotidianas, empresariales, académicas, de salud, agricultura, industrial comercial de gobierno, entre muchas otras.

En la figura 32, se presenta un gráfico ilustrativo de las tendencias del uso de la adopción de la tecnología en la última década. Se muestra la tendencia natural del uso de internet y dispositivos móviles e inteligentes en relación con una disminución del uso de computadoras conectadas a redes fijas (*landline*).

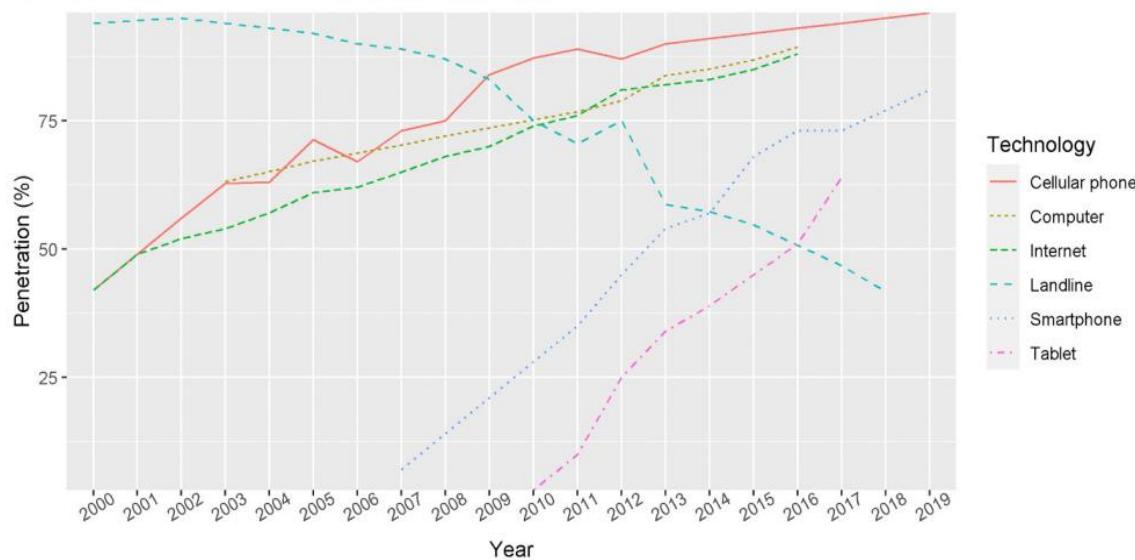


Figura 32. Porcentaje de adopción de tecnología 2000-2019.

Fuente: (Oughton, Lehr, Katsaros, & Selinis, 2021)

## Internet de las cosas (IoT)

IoT representa la evolución de Internet, es un enorme salto en la capacidad para reunir, analizar y distribuir datos que se pueden convertir en información, conocimiento y en última instancia, en sabiduría.

IoT consiste en que cualquier cosa que tenga conexión a internet en todo momento y en todo lugar. En un sentido más técnico, consiste en la integración de sensores, módulos electrónicos, dispositivos que actúan en objetos cotidianos que están conectados a internet a través de redes fijas e inalámbricas.

En un concepto general, el IoT es una red de objetos físicos interconectados que contienen tecnología embebida para comunicarse, detectar y actuar con sus estados internos en contacto con el entorno externo. (Espinosa, Ponte, Soizic y González, 2021). El hecho de que internet esté presente al mismo tiempo en todas partes permite que la adopción masiva de que IoT sea más factible. Dado su tamaño y costo, los sensores son fácilmente integrables en hogar, entornos de trabajo y lugares públicos.

De esta manera, se puede decir que cualquier objeto cotidiano, cosa, proceso, persona puede ser una fuente de datos y esos datos pueden servir para generar acciones si intervención humana o eventos inteligentes en beneficio de la población. Esto está empezando a transformar la forma de vivir el día a día de millones de personas.

En la figura 33, se muestra los casos de uso actuales, y en próximos años de la cantidad de dispositivos conectados y etiquetados como parte de IoT, clasificados por área de oportunidad y/o actividad humana. Se observa una gran tendencia al uso de IoT en el hogar y por supuesto en el trabajo.

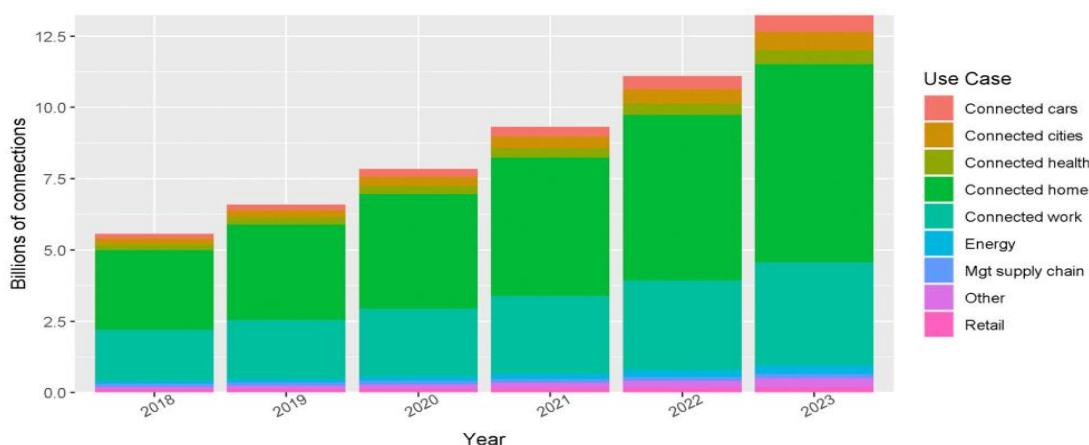


Figura 33. Tendencias de IoT y dispositivos conectados por actividad

Fuente: (Oughton, Lehr, Katsaros, & Selinis, 2021)

Con el IoT, todos los dispositivos son más “inteligentes”, siendo capaces de enviar, recibir datos de todo tipo y actuar “por si solos” de acuerdo con los datos. Toda la información generada por los dispositivos está siendo procesada en la nube donde se interpretan las enormes cantidades de datos generadas y al mismo tiempo se comparten de manera inmediata y real para beneficio de la población.

IoT está relacionado con distintos enfoques y acepciones entre ellos; internet del todo (IoE), web de las cosas (*web of things*), internet, industrias 4.0, internet industrial, conexión de máquinas a máquinas (M2M), entre otros.

La figura 34, destaca estas ideas en donde IoT está relacionado con distintos conceptos y acepciones. Por ejemplo, la idea de internet del todo para conectar gente, datos además de cosas; el web de las cosas que implica software que presenta información seguramente derivada de la interrelación e interconexión de todo, la industria 4.0 como paradigma de las industrias que regulan la época actual, la conexión entre dispositivos, entre otros.

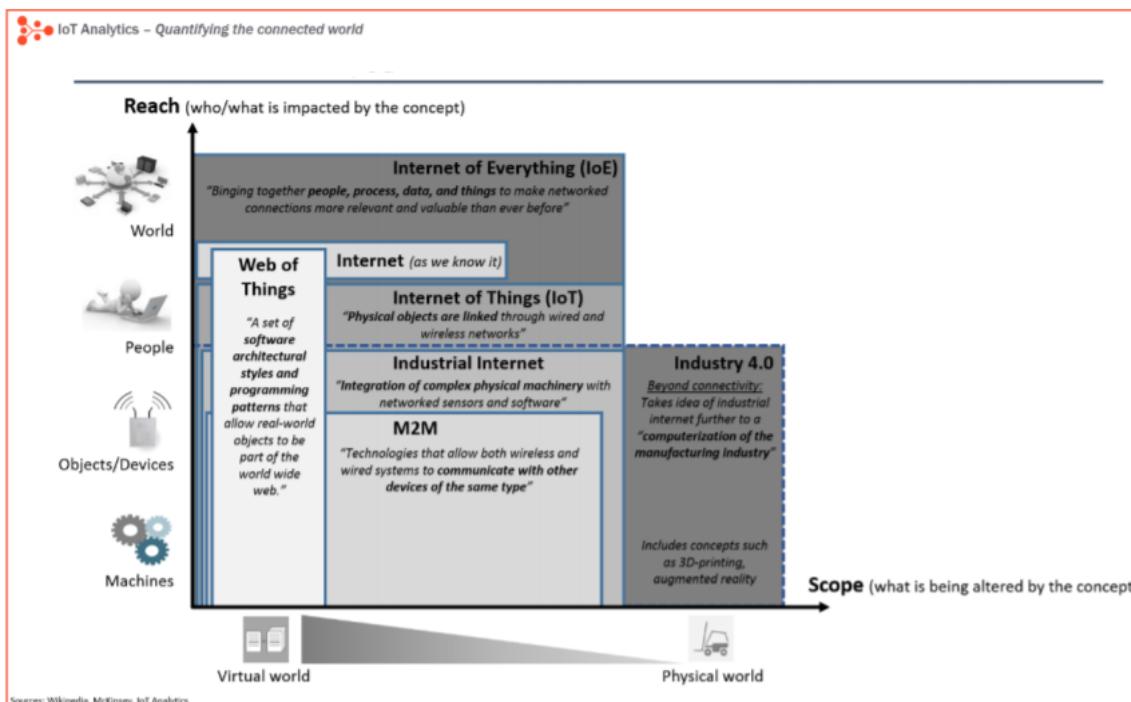


Figura 34. IoT y otros conceptos relacionados.

Fuente: (Sola Santos, 2021)

La idea central de la figura 34, es llevar lo que sucede del mundo real con respecto a personas, máquinas, objetos a un mundo digital o virtual, es decir transformar lo que sucede en la vida diaria a datos que tengan sentido y significado para la utilidad de la humanidad, esto indudablemente cambia la manera de hacer las cosas en todo ámbito de la actividad humana.

Entonces, el IoT es un paradigma tecnológico que trabaja creando sistemas basados en dispositivos inteligentes conectados en red, que recolectan información a través de sensores y comparten los datos recolectados mediante una infraestructura de red de cualquier tipo, incluyendo aspectos de la nube. Los dispositivos también pueden estar conectados a otros dispositivos que estén relacionados para procesar los datos.

Con respecto a la intervención humana, los dispositivos IoT deben funcionar la mayor parte del tiempo sin su intervención; sin embargo, esto no quiere decir que las personas no puedan interactuar con ellos.

Finalmente, los datos recolectados son transferidos a otros sistemas para su análisis, en función de la toma de decisiones o en función de la actividad humana que se desarrolle.

## Recursos de internet de las cosas

Uno de los requisitos del Internet de las cosas es que la tecnología sea principalmente pequeña, además de potente, confiable, segura, de bajo consumo energético y costo.

Como se ha mencionado, IoT se refiere a la interconexión de objetos cotidianos con internet. IoT está conformado por múltiples tecnologías, como sensores, controladores y procesadores que permiten procesar la información, aplicaciones móviles, web o de escritorio que brindan control del sistema los usuarios, actuadores, protocolos de comunicación y almacenamiento de datos, entre otros (Rojas, Chanchí y Villalba, 2019).

## Sensores

Los sensores son dispositivos que son frecuentemente usados para detectar y responder a las señales eléctricas u ópticas. Un sensor convierte una variable física tales como temperatura, presión, humedad, velocidad, ruido, entre otros, en una señal que puede ser cuantificada y medida. Su función es detectar cambios en el entorno, y enviar información sobre su estado actual y sobre cualquier cambio que pueda efectuarse. Estos sensores pueden ser ópticos, magnéticos, infrarrojos, térmicos, fotoeléctricos, de movimiento, etcétera (Quiñonez, 2019).

## Actuadores

La función de los actuadores es la acción que se debe dar a la medición de variables realizadas por los sensores, ejemplo de ello, la medición de temperatura del ambiente de una casa o cuarto, los sensores, al detectar cierto nivel alto de temperatura manda mensajes al controlador para que a su vez éste a envíe órdenes al dispositivo que actúa por ejemplo un aire acondicionado para que se encienda o se apague conforme a los niveles de temperatura. Entonces, un actuador activa un proceso para generar un efecto sobre el entorno (Quiñonez, 2019).

## Procesadores

Los procesadores son los encargados de leer los datos generados por los sensores, los interpretan, y de acuerdo con el resultado, mandan una notificación a los actuadores para que éstos generen una acción. Por lo tanto, en un sistema de IoT, los sensores proporcionan la entrada de datos, mientras que los actuadores generan la salida del sistema.

Los componentes de un sistema IoT pueden ser desde cosas muy pequeñas a muy grandes. Actualmente, con la disminución de costos en la fabricación de sensores, actuadores y microcontroladores, es posible encontrar un dispositivo que se pueda aplicar en carros, fábricas, ciudades o incluso en seres vivos.

## Comunicación

Debido a que los dispositivos conectados pueden ser cualquier cosa, es difícil detallar de qué manera se implementarán y la tecnología de comunicación necesaria de las alternativas existentes. Sin embargo, se tiene un sentido general de hacia dónde van las cosas. Los principios más importantes de las tecnologías del Internet de las cosas son la detección, la comunicación y la transmisión. Por lo tanto, el Internet de las cosas se utiliza para crear sistemas de comunicaciones a gran escala de dispositivos pequeños (Wilkins, 2019).

Entonces, debe existir comunicación alámbrica, inalámbrica, internet u otra, entre los sensores y un módulo electrónico; entre los módulos electrónicos y los dispositivos que actúan; o debe haber comunicación entre controladores y portales de visualización de datos y aplicaciones móviles; o también comunicación y transmisión de datos a la nube; es decir, siempre se debe conocer y saber en dónde están los datos que se recopilan y hacia donde se dirigen para propósitos específicos.

## Aplicaciones de IoT

Existen diversos ámbitos en donde el IoT está y puede estar presente, su utilidad siempre debe ser pensada en beneficio de las personas y las actividades que desempeñan. Puede estar en el hogar, en la educación, en el comercio, en el sector salud, industrial, agrícola, forestal, minero, pesca, gobierno entre muchos otros.

Algunos ejemplos del uso del IoT serían: aspersores inteligentes que se pueden encender y apagar desde el otro lado del mundo; un inodoro inteligente con iluminación ambiental y altavoces; velas perfumadas inteligentes con aromas específicos; una caña de pescar inteligente para recopilar estadísticas en el lugar de pesca; un purificador de aire inteligente que se mueve por la casa; un grifo de agua inteligente con iluminación LED; un bloque inteligente de madera para

recopilar variables del ambiente; drones inteligentes; granjas inteligentes, hospitales inteligentes, industria inteligente, entre muchos otros. (Wilkins, 2019).

## Tecnologías relacionadas con IoT

Existen disciplinas que indudablemente tienen relación, la inteligencia artificial y el big data son algunas tecnologías de las llamadas industrias 4.0 que dan soporte al IoT.

### ***Big Data***

El término de big data es principalmente asociado porque existe una ingesta cantidad de datos y se debe tener y contar con herramientas que den paso al hacer más eficiente el procesamiento, análisis e interpretación de los datos que se están generando por diversas fuentes.

Precisamente IoT es generador de miles y millones de datos con dispositivos interconectados entre sí. Entonces, IoT ha hecho que big data entre en auge, debido a que es una tecnología que genera enormes cantidades de datos de manera rápida y automática. (Sola, 2021).

El big data viene a hacer frente a características de los datos tales como volumen, variedad, variabilidad, velocidad, valor, veracidad, validez, vulnerabilidad, visualización entre otros atributos iniciados con “V”.

### ***Inteligencia artificial***

Existen una tendencia natural del uso de software, herramientas y de aplicar métodos estadísticos para procesar elevados volúmenes de información. Al mismo tiempo, incorporar el empleo de modelos de inteligencia artificial (IA) con datos para la innovación empresarial en la solución de problemas es un proceso reiterativo para la obtención de conocimiento y generación de ideas que permite a las empresas generar nuevas estrategias y reorientar sus metas y objetivos.

La relación de IoT con IA es precisamente dotar de “inteligencia” a los dispositivos en la búsqueda de actuación y resolución de problemas.

Ahora bien, IA hace uso del combustible que sería el big data, debido a que es la fuente de alimentación con la cual los sistemas de inteligencia artificial pueden aprender, analizar y corregirse a sí mismos (Sola, 2021). Esto asociado a internet de las cosas genera una enorme área de oportunidad para mejorar calidad de vida de los ciudadanos.

Sin duda alguna estas tecnologías de IoT, inteligencia artificial y big data, dan lugar a hablar de aspectos inteligentes, industria inteligente, organizaciones inteligentes, salud inteligente, hogares inteligentes, ciudades inteligentes, agricultura inteligente entre muchos otros.

## Ciudades inteligentes

Las ciudades inteligentes (*smart cities*) son aquellas que hacen uso de las ventajas de la tecnología y la innovación, de la mano con el adecuado uso de recursos naturales y para de éstos últimos un uso más eficaz, promover un desarrollo sostenible y, en definitiva, mejorar la calidad de vida de las personas.

El IoT, el big data, inteligencia artificial además de aplicaciones móviles como parte de las industrias 4.0 están consiguiendo mejorar la eficiencia de las ciudades.

La seguridad y la protección son preocupaciones que se tienen que atender en cualquier ciudad, con la integración de las tecnologías digitales, la preocupación se hace mayor. Aunado a lo anterior, el aumento en los riesgos de delitos cibernéticos y robos de datos, las ciudades inteligentes deben estar preparadas para hacer frente a cualquier amenaza potencial.

Una ciudad inteligente puede gestionar la tecnología para mejorar la vida de las personas y más concretamente, para conseguir beneficios como: contribuir a la mejora del medio ambiente; ahorrar costes a sus ciudadanos; optimizar los servicios públicos; mejorar la transparencia en la gestión de las administraciones; conseguir retener empresas y atraer talento, así como mejorar la comunicación con los ciudadanos.

Una ciudad inteligente es un tipo de área metropolitana urbana que utiliza la conectividad de IoT para el análisis de una infraestructura de datos en la búsqueda de ofrecer calidad en la prestación de servicios públicos. (Wilkins, 2019).

La ciudad inteligente es una que utiliza tecnologías de redes inteligentes para aumentar la eficacia energética, tiene una actitud abierta hacia la participación ciudadana. Los ciudadanos pueden descargar una aplicación en su teléfono que les da su propio tablero personal en la ciudad en tiempo real. Pueden leer métricas, consultar horarios de transporte, alertas de tráfico y varias otras funciones. (Wilkins, 2019).

Una ciudad inteligente posiciona a las personas en el centro del desarrollo, integra tecnologías de la información y comunicación en la gestión urbana y usa estos elementos como herramientas para estimular la formación de un gobierno eficiente que incluya procesos de planificación colaborativa y participación ciudadana (El Heraldo de México, 2019).

### México, con el potencial “smart”

En su artículo, (Alvarado, 2020), menciona que las ciudades no solo deben ser etiquetadas por su desarrollo económico, sino que deben ser vistas como sociedades de la era del conocimiento, es decir aquellas ciudades que impulsan tecnología en sectores importantes como la salud, educación, servicios, entre otros, poniendo especial atención en la protección del ambiente y los recursos naturales.

En los últimos años se ha planteado la necesidad de migrar hacia nuevos modelos de administración urbana haciendo uso de las TIC, con ello buscar la característica de que los entornos urbanos sean etiquetados como ciudades inteligentes *smart cities*, ciudades del futuro, ciudades inteligentes sostenibles, entre otras etiquetas las cuales deben implementar planes y políticas públicas incluyendo aspectos tecnológicos, datos e información para bienestar de los ciudadanos (Alvarado, 2020).

México tal vez no tiene una ciudad que sea totalmente etiquetada como inteligente, un lugar geográfico en la que todas sus dimensiones movilidad, seguridad, gobierno, salud, entre otras, funcionen en la mayor parte de sus servicios a través de la tecnología. Sin embargo, hay regiones con iniciativas que se encaminan a ello, Guadalajara, Cd. de México, Monterrey o ciudades pequeñas como Aguascalientes, Querétaro y Puebla.

México es un área de oportunidad con mucho potencial para el desarrollo de este tipo de ciudades. Principalmente, por dos razones: La primera es que en México existen problemáticas claras como inseguridad o movilidad que pueden encontrar una solución clara en la tecnología. La segunda es el gran número de ciudades con vocación turística en donde indudablemente se tiene una alta probabilidad de seguir siendo impulsadas por los avances en tecnología.

La figura 35, muestra problemas en las ciudades de México que pueden ser áreas de oportunidad, mediante el uso adecuado de tecnología y por supuesto pensando en el enfoque de internet de las cosas. Algunas de ellas pueden ser: hacer más eficiente el servicio de transporte público, los servicios de salud, la oferta educativa y los servicios de educación, mejor uso de los recursos naturales como el agua y medio ambiente, entre otros.



Figura 35. Algunas problemáticas en ciudades.

Fuente: (Deloitte México, s.f.)

La ONU establece para el año 2050, más del 66% de la población mundial estará concentrada en áreas urbanas, se tiene que pensar en los avances tecnológicos y definir estrategias públicas de crecimiento ordenado y adecuado, estas megaciudades representarán más que una oportunidad, un mega problema (Deloitte México, s.f.).

### Agricultura de precisión y agricultura inteligente

Con respecto al uso de tecnología de información en la agricultura, en su artículo Espinosa, Ponte, Soizic, y González (2021) mencionan que el uso de tecnologías en el proceso de optimización de la agricultura está siendo atractivo tanto a nivel nacional e internacional. (pág. 34).

Los datos se han convertido en un elemento importante e imprescindible a nivel mundial, en conjunto es mucho más que simple información, en manos de especialistas, es inteligencia. Es así que, donde la información y el conocimiento, son el motor principal en la productividad organizacional y el crecimiento económico en las economías modernas. (Rosales y Arechavala, 2020).

Por otra parte, Rosales y Arechavala (2020) destacan que la agroindustria ha administrado el conocimiento, por medio de las TIC, utilizando la big data y el *cloud computing*, e impulsando la idea de que la toma de decisiones está estrechamente relacionada con la capacidad de procesar y analizar datos. (pág. 1416). Estos mismos autores, mencionan que la industria agroalimentaria exige algún proceso inteligente adicional para mejorar la producción agrícola.

Existen dos términos que están muy relacionados con el uso eficiente de la tecnología en los procesos agrícolas: agricultura de precisión y agricultura inteligente.

Con respecto a la agricultura de precisión, ésta tiene que ver con innovación tecnológica, permite a los agricultores optimizar los rendimientos agrícolas, reducir las aplicaciones innecesarias de fertilizantes y pesticidas, preservar los recursos naturales y hacer frente a los inminentes fenómenos meteorológicos.

La agricultura de precisión es una técnica de administración que reúne, procesa y analiza datos de carácter temporal y espacial y los combina con otra información para apoyar el proceso de toma de decisiones. Así mismo es la práctica agrícola moderna que hace que la producción de cultivos sea más eficiente, a través del uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores y satélites (Rosales y Arechavala, 2020). Aquí puede decirse que el uso de IoT bien tiene cabida en la agricultura de precisión.

Por otra parte, el intercambio de información en tiempo real entre los agricultores y los investigadores proporciona la oportunidad de utilizar servicios personalizados y en tiempo real, basados en una amplia gama de factores como: la ubicación, el cultivo, las prácticas de gestión, el nivel de automatización, el tipo de riego, el tamaño de la explotación agrícola y el tipo de suelo, condiciones y características de los sembradíos, entre otros.

La agricultura inteligente se relaciona mucho con el paradigma de negocios inteligentes en el sentido de poseer datos para ver indicadores y la dirección organizacional, en este caso, en el sector agrícola es disponer de datos de calidad para redirigir el rumbo de los cultivos.

La agricultura inteligente descrita en Rosales y Arechavala (2020) tiene que ver con la aplicación de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones bajo un enfoque basado en los datos para hacer frente a los desafíos y oportunidades existentes en la agricultura (pág. 1418).

## Desarrollo

Como caso de éxito se destaca un proyecto de cultivo de aguacate en un huerto de 20 hectáreas, donde se alcanzó un 28% de incremento de productividad por árbol. En este proyecto se utilizan sensores de IoT que mandan la información a estaciones meteorológicas colocadas estratégicamente en los cultivos quienes, a su vez, suben los datos a la nube para ser analizados, y en caso de ser necesario, generar alertas preventivas a los agricultores para una corrección oportuna. Se trata

de una agricultura de precisión, preventiva y regenerativa (AppGricola, 2019, Informate, s.f.).

Asimismo, los cultivadores de cannabis implementan tecnologías de IoT en sus invernaderos para optimizar recursos como el agua y energía. Utilizan sensores para medir variables como el calor, humedad y crecimiento para minimizar el desperdicio de materias primas como la energía y el agua (WND Group, 2019a).

Por otro lado, la empresa francesa Sencrop desarrolló una estación meteorológica basada en tecnologías IoT, con capacidad de conexión en tiempo real por medio de redes de radio de largo alcance y baja potencia (LPWAN). Estas estaciones son capaces de medir la lluvia, la temperatura del aire, la velocidad y dirección del viento, la higrometría e incluso la humectación (para la producción de fruta). Actualmente son utilizadas por más de 5,000 agricultores, ubicados en 10 países, entre los que se destaca Francia en donde se han instalado más de 1,500 estaciones agro-meteorológicas (WND Group, 2019b).

En este apartado, se describe una propuesta en lo general del uso de IoT en la producción de mezcal en el estado de Durango, México. Adicionalmente, se describen algunos aspectos de la producción de mezcal.

### Regiones mezcaleras en México

Querétaro, Jalisco, Puebla y la Ciudad de México albergan los espacios más inteligentes del país, tienen en común mayor participación ciudadana mediante herramientas tecnológicas para realizar servicios e interactuar con el gobierno, mejor transporte público y vías de comunicación, señalización urbana adecuada, mayor seguridad pública y una mayor proliferación del concepto IoT. En la figura 36, se destacan estas ciudades y localizaciones geográficas inteligentes.

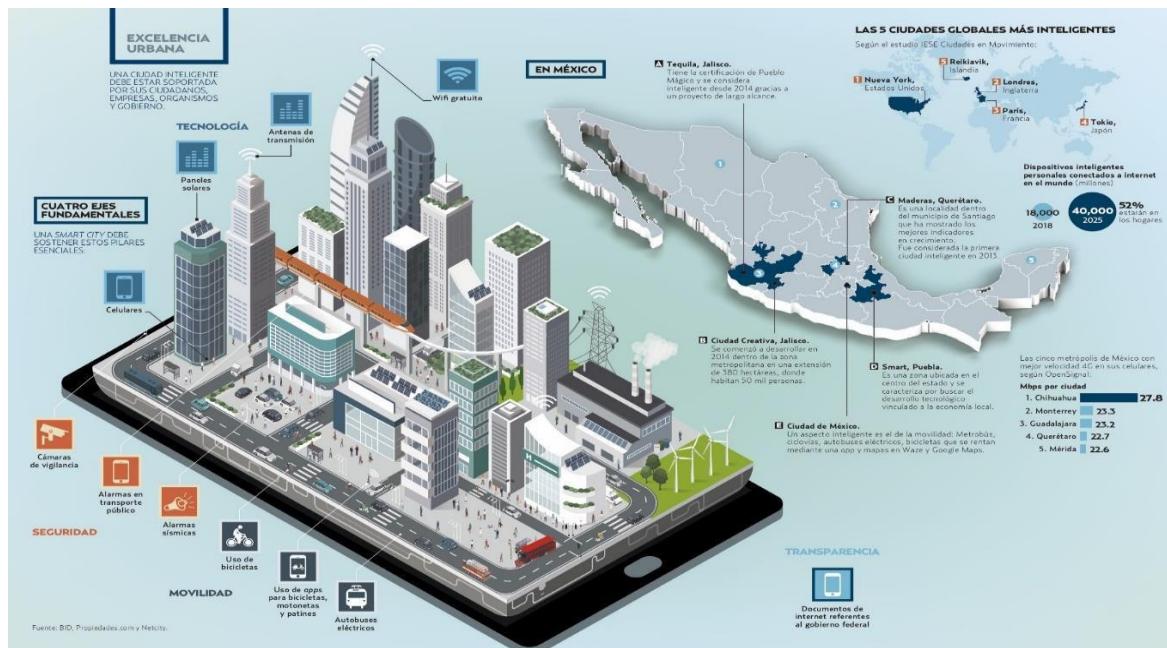


Figura 36. Ciudades inteligentes

Fuente: (Alvarado, 2020)

## Caso Tequila en México

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) decretó como zonas inteligentes a Maderas, en Querétaro; Ciudad Creativa y Tequila, en Jalisco; y Smart, en Puebla. Además, la firma tecnológica mexicana Netcity agrega a la Ciudad de México, que, aunque no es 100 por ciento inteligente, cuenta con diversas características que la están llevando a esa categoría.

## El mezcal de Durango

En México se han utilizado principalmente plantas de agave como fuente de alimento, bebida, forraje, fibra y materiales de construcción, desde la época precolombina. La elaboración del mezcal en la región de Durango formó parte de las culturas precolombinas. La destilación con alambiques llegó a América, con los españoles. La producción de mezcal fue una bebida prohibida, por la Corona Española desde 1529 a finales del 1790.

En la Nueva Vizcaya (Durango en la actualidad), en 1783, se solicita la introducción legal de mezcal a través de puesto de control conocidos como garitas con destino a la Villa de Durango y en el año de 1804 se solicita la licencia de venta con fines de recabar impuestos para diversas funciones públicas.

El mezcal es una bebida tradicional de México, se elabora con agave silvestre de 8 a 10 años de madurez. En Durango la especie de agave silvestre utilizada es agave durangensis gentry, llamado cenizo, el cual es colectado en la zona, de acuerdo con autorizaciones otorgadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

El agave durangensis gentry es originario de una región pequeña de la sierra madre occidental ubicada en los estados de Durango y Zacatecas. En el estado de Durango se produce y consume mezcal por tradición, en los últimos años existe una creciente demanda de materia prima. (Dévora, y otros, 2020).

Se conoce que se ha iniciado la producción de plántulas de agave durangensis para su siembra en diversas hectáreas, algunas de ellas tienen de 7 a 8 años de plantadas, para su extracción sustentable. La producción de mezcal en Durango es realizada por ejidatarios y pequeños productores, de manera artesanal, irregular, heterogénea en la calidad y el volumen de mezcal certificado es reducido, condición común en los municipios de Durango, Nombre de Dios y El Mezquital.

El común denominador es la desorganización que dificulta la comercialización y distribución del mezcal, lo que repercute en los ingresos, haciendo que sea una actividad de subsistencia. Es necesaria la participación de varias instancias que se involucren en la producción para dar certeza de una industria sustentable en lo social, económico y biológico en el Estado de Durango.

La propuesta se encamina a describir de manera general el uso de IoT en la producción de agave como fuente para la elaboración de mezcal. Durango es considerado como referente nacional en la producción de mezcal, al ser uno de los nueve estados con denominación de origen, por eso se trabaja en la generación de estrategias que impulsen el mercado interno y que promuevan su exportación.

El estado de Durango tiene aproximadamente 26 empresas con marca registrada y está buscando obtener la certificación para llegar a un total de 50 padrones de diferentes bebidas y destilados, posicionando a Durango como un referente en la producción.

En los textos de planes de gobierno relacionadas con la producción de agave, se menciona que los compradores que pudieran ser, ciudadanos locales turistas, conocedores, extranjeros, entre otros, podrán encontrar productos como: vino de mesa, tequila, mezcal, cerveza artesanal, pulque, sotol, bacanora, ron, raicilla y destilados de agave y dar a conocer el estado de Durango, su cultura y tradiciones, crear puentes sólidos entre compradores y exportadores para generar mayores oportunidades así como entablar relaciones de tipo comercial y trabajo conjunto de Gobierno del Estado y Federal. (Aispuro, 2016).

### **IoT como propuesta para campo inteligente**

La evolución del IOT traspasa cada vez más como una de las plataformas que revolucionan la economía a nivel mundial. La automatización, la mejora de proceso y la eficiencia en el uso de los recursos promete una manera más sustentable, productiva y con mejores márgenes de ganancia para las empresas.

En varios países del mundo como: Estados Unidos, Israel y China son líderes en la implementación de los beneficios de internet de las cosas al campo, se han iniciado ya proyectos y programas para mejorar la producción de cosecha, rastreo de ganado, producción de carne, entre algunos ejemplos.

En el caso de México, el desarrollo del IOT, tiene una oportunidad en el sector agroindustrial, en donde se encuentran nuevos desarrollos tecnológicos que se encargan de controlar, grabar, monitorear y medir ciertas áreas de la agricultura, desde las condiciones de crecimiento de las plantas, condiciones de suelo agrícola, sensores para el riego de plantas, manejo del ambiente dentro de un invernadero y manejo de viñedos, entre otros.

Como un ejemplo de estos desarrollos tecnológicos, en cultivos de Aguascalientes se encontró el uso de IoT por medio de un software cuyo objetivo es prevenir y controlar las pestes agrícolas, siendo apto para el pronóstico del crecimiento de cosecha.

En su gran mayoría el campo mexicano, aún se encuentra usando tecnologías y métodos productivos del siglo XX, por mencionar la rotación de cultivos, tractores, pesticidas, cultivo a mano y riego por inundación. Esta coyuntura para el IoT representa una gran área de oportunidad de transformación.

Menos del 5 por ciento de las empresas relacionadas al sector agropecuario utilizan ya alguna solución de internet de las cosas, abriendo un potencial para el 95 por ciento restante que aún no utilizan esta plataforma para hacer más eficientes los procesos de sus operaciones.

Según la empresa de software fundada por Bill Gates, la eficiencia promedio de una empresa agropecuaria aumenta entre 30 a 60 por ciento con el uso de herramientas de IoT (Degano, 2019).

Tan solo el monitoreo de cultivos usando sensores y una tableta o teléfono inteligente representan un ahorro del 25 por ciento para las empresas. La pregunta sería tal vez: ¿por qué no se está utilizando el IoT en el campo mexicano y de forma local?

El bajo uso de IoT es derivado a que las empresas del sector asocian a la tecnología como algo caro. Hoy en día el uso de sensores ha caído más del cien por ciento en su precio. Hace años los sensores costaban por mencionar siete dólares cada uno hoy cuestan siete centavos de dólar, la tecnología para implementar internet de las cosas es más accesible que nunca.

El potencial para introducir tecnología en el campo es enorme, ya que la reciente introducción de plataformas de internet de las cosas en ramas industriales como la farmacéutica y la venta minorista, así como los esfuerzos que ha hecho la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Nacional del Agua (CNA) con

el uso de sensores en los medidores de consumo, han animado a muchos de los grandes productores agropecuarios para implementar estas tecnologías.

Las zonas vinícolas mexicanas como el Valle de Guadalupe o Querétaro han visto como diversos viñedos utilizan sensores para monitorear el estado de los viñedos e incluso saber el momento exacto en que las uvas deben ser cosechadas para obtener el mejor jugo para producir vino, entonces la pregunta es: ¿por qué no implementarlo en la producción del agave?

Lo que se requiere para introducir el IoT es que los productores diseñen estrategias para su uso. Desde eficiencia de riego hasta control de alimentación, los sensores y datos que provee el internet de las cosas está al alcance del campo mexicano.

El diseño de proyecto de IoT a buen costo requiere de un proveedor de red móvil lo suficientemente robusto porque se necesita el intercambio de información entre los objetos conectados a una red de ese tipo requieren de un ancho de banda con suficiente cobertura como para mantener un flujo de información ininterrumpido. Con IoT se busca maximizar los ahorros en los cultivos, la cobertura de la señal es una de las condiciones básicas para alcanzar la eficiencia.

Para transformar el campo con tecnología de IoT se requiere y de manera general tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Diseñar un plan o proyecto IoT que impacte en la operación del agronegocio.
- Adquirir la tecnología necesaria para el proyecto.
- Acercarse a un proveedor que ofrezca la mejor red en ancho de banda, tecnología de punta y cobertura.

### **Redes de sensores inalámbricos**

Las redes de sensores inalámbricos (RSI) es la tecnología que ayuda a la agricultura de precisión con mucha eficiencia a bajo costo. Antes de la agricultura de precisión, los productores y agricultores tenían que depender de un satélite y

aviones de imágenes u otros sistemas basados en mapas para apuntar con precisión a sus áreas de cultivo.

El uso de estos sensores proporciona una ventaja de reducir en tiempo la recolección de diferentes datos de los relacionados con algún cultivo de un lugar determinado. Es exacto tanto en el tamaño del área de recorte que supervisa, así como en las cantidades de entrega de agua, fertilizantes, entre otros. Esta tecnología puede recolectar datos específicos de una sola planta para la vigilancia y cuidado o de un área más grande. La recopilación de datos, seguimiento, monitoreo de los cultivos por medio de sensores inalámbricos tienen una mayor eficiencia y rendimiento a un menor costo, con menor impacto al medio ambiente. (Devint IoT Telemetría, s.f.).

Una red de sensores inalámbricos de agricultura de precisión es similar a los utilizados en otras industrias como controladores industriales para automatización de edificios y sistemas de seguridad. Este sistema de sensores requiere una unidad de control centralizada con interfaz de usuario, las puertas de enlace de comunicación y routers, elementos de potencia y más importante, los sensores.

La agricultura de precisión requiere un modelo de software único para cada área geográfica, el tipo de suelo asociado al cultivo o plantas específicas. Por ejemplo, cada ubicación recibirá su propia cantidad óptima de agua, fertilizantes y pesticidas.

El uso de IoT específicamente sensores inalámbricos puede aprovecharse en áreas agrícolas, ganaderas o forestales para monitoreo de cultivos en zonas amplias, monitoreo de bosques y vegetación, prevención de incendios forestales, estudios de biomasa (materia orgánica susceptible de ser utilizada como fuente de energía), seguimiento de animales, entre otros.

Algunas variables que pueden medir los sensores serían: la temperatura, humedad del ambiente, presión barométrica, dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>, gases, humedad del suelo, acidez del suelo / PH, entre otros.

Un controlador interconectado a los sensores, a los actuadores y al modelo de SW específico, puede realizar acciones tales como: aumentar o disminuir la presión del agua, la dispersión de un riego, controlar la apertura o cierre de puerta para protección de animales, la dispersión de fertilizantes, la dispersión de pesticidas, controlar la calefacción y/o refrigeración, controlar la cantidad de luz del sol y/o sombreado entre otros. Lo anterior, es lo que generalmente se conoce como un invernadero.

La probabilidad de disminución en costos de sensores e infraestructura de comunicaciones es que disminuya. Más productores están utilizando redes de sensores inalámbricos para sus cultivos. Esto es cada vez más frecuente con las granjas más pequeñas y fincas familiares.

La tecnología RSI permite supervisar y orientar específicamente cada cultivo, por lo que es práctico y efectivo implementar agricultura de precisión, independientemente de la zona de cultivo. Este enfoque también es fácilmente escalable mediante la adición de conexiones y sensores de comunicación adicionales.

### **Variables de medición**

Para la producción de agave se sugiere entender al menos este conjunto de variables que es necesario monitorear para el cultivo y la producción de agave:

- **Temperatura:** el factor temperatura es importante desde el punto de vista fisiológico ya que determina la apertura de las estomas y por ende, el intercambio gaseoso.
- **Nutrición:** el buen desarrollo de una planta depende en gran parte de la cantidad de nutrientes (macro y micro) que existen en su cuerpo el aporte de estos elementos en su mayoría la toma del suelo en forma de humus en los lugares donde las condiciones climáticas y edificas son extremosas como son las zonas áridas del país donde el establecimiento de la agricultura es muy difícil por escasez de agua.

- **Topografía:** es un factor importante en el cultivo del agave, pues basándose en ello se selecciona la planta para realizar los trasplantes y se determina la estructura tipológica del cultivo el rango de variación de la pendiente es de cero a 70 por ciento.
- **Precipitación:** La cantidad de agua que cae en promedio anualmente. Por ejemplo, el maguey subsiste y prospera en precipitación media anuales, desde los 335 hasta los 924 mm.
- **Iluminación:** La mayoría de los agaves del desierto necesitan la luz solar, si no existe, se convierten en plantas etioladas; los magueyes pulqueros del centro de México requieren iluminación, aunque toleran la sombra.
- **Altitud:** El grupo salmiana es natural de la meseta central de México, se desarrolla desde los 1,230 a 2,460 msnm.
- **Suelo y textura:** Los agaves pulqueros prosperan en suelos con estratos calcáreos, suelos rojos (alfisoles) y áridos, las texturas predominantes en los lugares donde se desarrollan los agaves son: franco-arenoso, franco arcilloso y arenolimoso. Requieren suelos bien drenados, en general son suelos pobres con una capa arable muy delgada (10 a 90 cm.), o terrenos pedregosos y de ondulaciones con poca pendiente.
- **PH:** El PH (medición de acidez o alcalinidad) encontrado en los sitios donde se desarrollan los magueyes se encuentra comúnmente en el parámetro que va desde 6.3 a 7.8; sin embargo, se ha encontrado de 4.9 a 9.4 mostrando síntomas de desarrollo anormal.

## ¿Cómo cultivar agave?

Se describe de manera general algunas características de un proceso de cultivo y cosecha del agave para producción de mezcal:

El cultivo de agave es rentable dado que se puede desarrollar en suelos someros poco profundos, inclusive en laderas pedregosas se da la producción. Los agaves viven en suelos rocosos arcillosos y bien drenados, ricos en nutrientes, son sensibles a la salinidad ph óptimo de crecimiento del 5 a 8, fuera de este rango es

sensible. Los cambios climáticos drásticos (como heladas) que provocan daños a los hijuelos al quemarse la plántula generando hojas no adecuadas para la producción.

Se puede hacer cultivo de agave asociado con pastos en donde la distancia entre hileras es de 2.50 metros y entre plantas 1.70 metros, el número de agaves por hectáreas es de 2,362 aproximadamente; o tal vez se puedan hacer cultivos intensivos en donde las hileras de agave se encuentran separadas a 1.70 metros y entre cada planta hay 1.07, el número de plantas por hectárea 5,497.

La obtención y selección del propágulo (germen) después de tres a cuatro años de plantar el agave, aparecen los hijuelos en la parte inferior del tallo, el desahije (obtener la semilla) se realiza cuando la planta madre tiene aproximadamente 5 años de madurez, el hijuelo deberá tener de 50 a 60 centímetros de altura.

Se requiere un tratamiento preliminar posterior al desahije, a la planta se le podan las hojas con el propósito de que la circulación de la savia tenga distancia de recorrido menor y el desarrollo del tallo sea más rápido, se empareje el tallo, y después se dejan expuestas a la luz del sol 20 a 25 días para que cicatricen las heridas hechas al emparejar el tallo.

La preparación del terreno consiste en desmontar y barbechar, si el suelo es plano se hace con tractor, en caso de que la pendiente sea pronunciada se utilizan un tiro de mulas yuntas o cuatro burros, se hacen melgas de acuerdo con la estructura del terreno. Es importante para el buen desarrollo de la planta que el suelo sea removido ya que ello permite ventilación de las raíces.

La siembra consiste en que las plántulas son transportadas al terreno donde se cultiva, se plantan a los costados del surco porque si se hiciera en la parte baja del surco, dado que la siembra es en época de lluvias julio a septiembre, la humedad a nivel del suelo es excesiva y perjudicaría a la plántula, tampoco se hace en la parte superior del surco debido a que la lluvia provoca deslaves quedando la planta fuera de la tierra se hace una selección de las plántulas evaluando las

características fenotípicas las cuales son: altura total, tamaño del tallo, y tamaño de las hojas (no se toma en cuenta la edad).

Durante el desarrollo del agave se realizan diferentes labores al cultivo (barbechos, limpias, aradas y guardarraya, entre otros) que lo mantiene en condiciones que permiten una producción mayor y de mejor calidad.

Además de lo anterior, existen actividades que realizar, entre las cuales se mencionan: las podas, que consisten en cortar desde su base las hojas inferiores que tienen más edad; evitar el avance de la plaga; limpiar las malezas después de las lluvias; arar la tierra mediante el paso del arado que permite la aireación del suelo; hacer la brecha o guardarraya con cierta profundidad entre cada hilera de agave, se hace cuando se realiza la quema de malezas, se puede controlar el fuego evitando que se quemen las mezcaleras.

Al final, se debe identificar la madurez y cosechar; el tiempo que tarda el agave en llegar al estado de madurez industrial es de acuerdo con el clima; el agave se considera que llega a la madurez a los cinco y ocho años.

La productividad de un sistema se determina basándose en el costo de una inversión en relación con la aplicación de fertilizantes, abonos, herbicidas, maquinaria, uso de fertilizantes, abonos, herbicidas e insecticidas, mano de obra, entre otros.

Con todo lo anterior y de manera general se observan distintas actividades y el proceso, se generan diversos datos que se tienen tal vez que obtener y monitorear constantemente y con ello obtener un producto.

### **¿Qué es lo que se necesita para hacer más inteligente al campo?**

Con respecto a las actividades que se hacen en el campo en México, se puede decir que el esquema de trabajo está basado en procesos tal vez del siglo pasado. La evolución de la tecnología ha permitido ser ahora más eficiente y con el uso del Internet de las Cosas (IoT) en el campo, en el sector de la agricultura la producción se ve beneficiada con un incremento en su producción.

Esta evolución del (IoT) traspasa cada vez más como una de las plataformas que revolucionan la economía a nivel mundial para las décadas siguientes. La automatización, la mejora de proceso y la eficiencia en el uso de los recursos promete una manera más sustentable, productiva y con mejores márgenes de ganancia para las empresas.

El sector agropecuario es una de las industrias que más se beneficia de estas promesas tecnológicas, por supuesto, implementar IoT para apoyar procesos en la agricultura es un área de oportunidad para mejorar.

Es evidente que el uso de tecnología y específicamente IoT, puede y debe ser un factor de apalancamiento para inyectar vida al campo mexicano, aumentar producción independientemente del cultivo de que se trate. En el caso del mezcal mexicano en Durango sin duda alguna, se pone de manifiesto como una interesante área de oportunidad para obtener provecho y beneficio de ello.

### **Construyendo una propuesta IoT para cultivo del mezcal**

La agricultura de precisión es considerada como un modelo alternativo implementado en la producción agropecuaria, mediante el cual se emplean instrumentos de medición tecnológicos que tienen como propósito recopilar información en tiempo real.

Usando agricultura de precisión con IoT se pretende recabar datos oportunos para lograr solventar la falta de planeación en los cultivos, aumentando el índice de cosecha utilizando menor cantidad de fertilizantes y así evitar el incremento en los costos de producción y la contaminación ambiental.

La propuesta de un diseño de la infraestructura de comunicación en un Sistema de Agricultura de Precisión en cultivo del agave pudiera ser a través del montaje de la infraestructura de comunicación por medio de sensores y módulos ZigBee, para la recepción de datos entregados por los sensores en el cultivo por medio de un concentrador, con el fin de realizar el registro en una base de datos. Configuración de placas y calibración de sensores para obtener datos confiables, permitiendo un análisis verás de las variables presentes en el cultivo.

ZigBee es un estándar de comunicaciones inalámbricas desarrollado por la ZigBee Alliance. Es un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas para diversos contextos de transmisión de datos. ZigBee está fabricado con el estándar IEEE de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN) y tiene como objetivo hacer comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías (Sifuentes, 2018).

Una vez recabado variables relacionadas con humedad y suelo, humedad relativa, temperatura ambiente, radiación solar, presión atmosférica, pluviometría, dirección, fuerza y velocidad del viento, entre otras, además de las específicas para el agave, se transmiten posiblemente a un servidor en la nube que almacena los datos. A su vez, los datos se pueden retransmitir a otros destinos y transformar en reportes sencillos para mejor comprensión.

El almacenamiento de datos debe ser en alguna infraestructura local de bases de datos y/o hacer uso de almacenamiento en la nube aprovechando tecnología de internet.

La presentación de los reportes puede ser vista en cualquier dispositivo inteligente tal como un celular, laptop, entre otros. Para facilitar la interacción con el monitoreo del vivero, así como la generación de reportes de datos semanales o mensuales guardando un archivo histórico para que el agricultor visualice el estado en el que se encuentra el cultivo. Se desarrollará una interfaz en la cual pueda acceder a través de un usuario y contraseña, al área total del vivero o por subáreas, para dos acciones tales como consulta de datos y monitoreo del cultivo.

Se pudiera tener consulta de datos semanal o mensual, generando a la vez archivos históricos anuales para estadísticas comparativas de producción, entre otros; con la finalidad de facilitar toma de decisiones, temporadas de sembrado efectivas, entre otros. La opción de monitoreo de cultivo sería presentar en reportes en la Web.

El resultado de todo esto, sería facilitar el control operativo para la siembra y desarrollo del producto, y como objetivo final sería automatizar los tiempos en áreas donde se requiera refuerzo en riego, luz, temperatura entre otros procesos. En la figura 37, se presenta de manera general un esquema de infraestructura ZigBee, y elementos tales como almacenamiento de base de datos, internet y uso de dispositivos inteligentes y móviles.

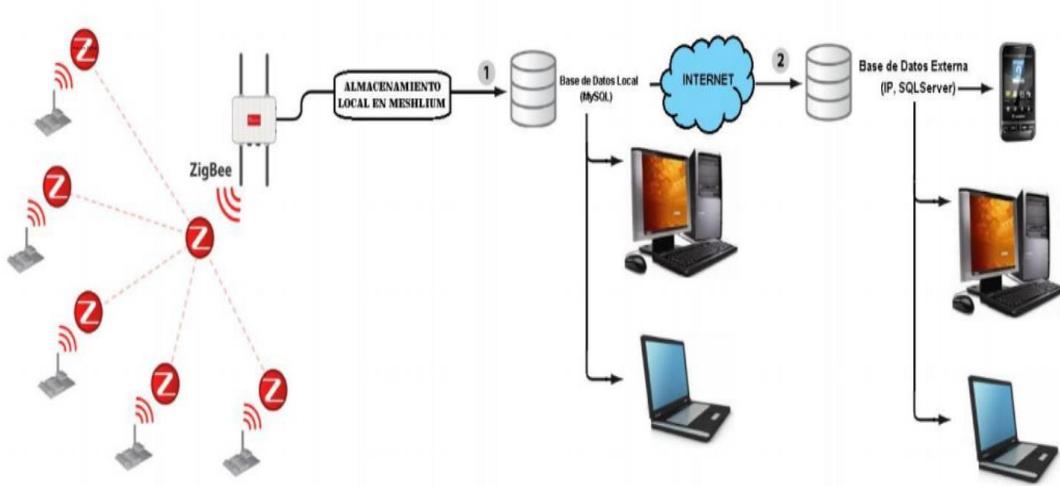


Figura 37. Infraestructura IoT, almacenamiento y visualización de datos

Fuente: (Prezi, 2021)

En la figura 38, se presentan diferentes alternativas de comunicación que puede tener una infraestructura ZigBee.



Figura 38. Conexiones de infraestructura ZigBee.

Fuente: (Prezi, 2021)

## Conclusiones

Se puede decir que el internet de las cosas tiene la capacidad de transformar el mundo en el que se vive, hacer las industrias más eficientes, tener automóviles conectados y ciudades inteligentes, lo anterior es un resultado en la ecuación de IoT.

Hablar de agricultura inteligente es hacerlo de un modelo o propuesta de proyecto de precisión, centrado en la optimización de procesos y recursos y precisamente en este punto donde cobra especial importancia el internet de las cosas.

La agricultura inteligente basada en las tecnologías IoT permitirá a los productores y agricultores reducir y mejorar la productividad, lo cual podría ser el trampolín para impulsar tendencias en crecimiento en la agricultura de precisión, en términos ambientales la agricultura de precisión proporcionará grandes beneficios, incluyendo un uso más eficiente del agua, la optimización de insumos y tratamientos.

La propuesta específica para apoyar la producción de mezcal en Durango, sería proveer de una infraestructura IoT para la recolección de datos, ofreciendo un panorama de consulta y monitoreo constante de las variables inmersas en el crecimiento y desarrollo de los cultivos; posteriormente implementar una adecuada automatización de procesos específicos que permita actuar de manera oportuna conforme y de acuerdo a los datos obtenidos aumentando con ello la precisión en la toma de decisiones.

Contar con una herramienta digital esquematizada que concentre los datos y opciones de controles de cultivo, actuación en procesos, generados a través de la implementación de una propuesta de agricultura precisa con IoT, es brindar oportunidades de fortalecimiento al campo, al agricultor y a la misma agroindustria.

## Referencias bibliográficas

- Aispuro Torres, J. R. (2016). Durango como referente en la producción del mezcal. Gobierno del Estado de Durango 2016-2022. Recuperado de: <http://www.durango.gob.mx/durango-referente-nacional-en-produccion-de-%20mezcal/>
- Alvarado, R. (2020). Ciudades inteligentes y sostenibles: una medición a cinco ciudades de México. Estudios Sociales. Revista Electrónica. Vol 30, No 55. ISSN: 2395-9169, 1-28.
- AppGricola (2019). Razón y proporción de los factores que limitan la productividad agrícola. AppGricola. Recuperado de: <http://appgricola.com/public/site/2019/09/11/razon-y-proporcion-de-los-factores-que-limitan-la-productividad-agricola/>
- Degano, N. (2019). La iniciativa de Microsoft que puede revolucionar la producción agropecuaria. Agrofy News. Recuperado de: <https://news.agrofy.com.ar/noticia/181152/iniciativa-microsoft-que-puede-%20revolucionar-produccion-agropecuaria>
- Deloitte México. (s.f.). De ciudad a ciudad inteligente. ¿Cómo realizar una transformación? Deloitte Touche Tohmatsu Limited. Recuperado de: <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articles/ciudad-inteligente-como-realizar-la-transformacion.html>
- Devint IoT Telemetría. (s.f.). Sectores y aplicaciones de los dispositivos Devint. Devint IoT & Telemetría. Recuperado de: <http://www.devint.co/wp-content/uploads/2018/11/Devint-Brochure-2018.I-compressed.pdf>
- Dévora, D., Pulido, C., Chávez, J., Ortiz, I., Loera, H., y Prieto, J. (2020). Reguladores de crecimiento en el desarrollo vegetativo de vitroplantas de Agaved urangensis Gentry. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. ISSN: 2007-901, 1-8.

El Heraldo de México. (2019). Se consolidan 5 smart cities mexicanas. Querétaro, Jalisco, Puebla y la ciudad de México albergan los espacios más inteligentes del país. Recuperado de:

<https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2019/1/14/se-consolidan-smart-cities-mexicanas-73065.html>

Espinosa, A., Ponte, D., Soizic, G., & González, C. (2021). Estudio de sistemas IoT aplicados a la agricultura inteligente. Revista Plus Economía. ISSN 2411-0353. Vol 9. No. 1, 33-42.

Gómez, J. E., Castaño, S., Mercado, T., García, J., & Fernández, A. (2018). Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos. Revista Ingeniería en Innovación, 1-8.

Informe (s.f.). Startup integra IOT con agricultura cognitiva, centrada en el entorno de los cultivos. Infórmate, Diario Digital. Recuperado de: <https://www.informate.com.mx/nacionales/startup-integra-iot-con-agricultura-cognitiva-centrada-en-el-entorno-de-los-cultivos.html>

Oughton, E., Lehr, W., Katsaros, K., & Selinis, I. (2021). Revisiting Wireless Internet Connectivity: 5G vs Wi-Fi 6. *Telecommunications Policy*, 15.

Quiñonez, O. (2019). Internet de las Cosas (IoT). *Estados Unidos: Ibukku LLC*. ISBN 978-1-64086-432-0

Rojas, C., Chanchí, G., & Villalba, K. (2019). Propuesta de una Arquitectura IoT para el control domótico e inmótico de edificaciones . Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 28-40.

Rosales, A., & Arechavala, R. (2020). Agricultura inteligente en México: Analítica de datos como herramienta de competitividad. UANL Universidad Autónoma de Nuevo León. FCPYA Facultad de Contaduría Pública y Administración. VinculaTegica EFAN, 1415-1427.

SECTUR (s.f.) Pueblos mágicos de México. SECTUR, Secretaría de Turismo.

Recuperado de: <https://www.gob.mx/sectur/articulos/pueblos-magicos-206528>

Sola Santos, D. A. (2021). Cómo el internet de las cosas cambia y seguirá cambiando la vida cotidiana. Trabajo de grado para título de Ingeniero en Ciencias y Sistemas. San Carlos, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas.

Tanenbaum, A. S. (2003). Redes de computadoras. Cuarta edición. Pearson educación ISBN 970-26-0162-2.

Tequila inteligente (2019). Tequila inteligente representa a México ante el banco interamericano de desarrollo BID. Recuperado de: <https://tequilainteligente.com/tequila-inteligente-representa-a-mexico-ante-el-banco-interamericano-de-desarrollo/>

Tintín, V., Caiza, J., & Caicedo, F. S. (2018). Arquitectura de redes de información. Principios y conceptos. Revista Científica. Dominio de las Ciencias. ISSN: 2477-8818, 103-122.

Wilkins, N. (2019). Inteligencia Artificial: Una Guía Completa sobre la IA, el Aprendizaje Automático, el Internet de las Cosas, la Robótica, el Aprendizaje Profundo, el Análisis y el Aprendizaje Reforzado. Edición Kindle. Edición Kindle.

WND Group (2019a). Cultivadores de cannabis adoptan IOT por su eficiencia energética. WND Group, Sigfox Operator. Recuperado de: <https://www.wndgroup.io/2019/02/16/cultivadores-de-cannabis-adoptan-iot-por-su-eficiencia-energetica/?fbclid=IwAR2YlhkUwztaKWrPi2l49c7-RLaz9GoW8bUrbf139Z3typaxNIfelp4bw3E>

WND Group (2019b). Gracias a su estación agro-meteorológica conectada a Sigfox, la nueva empresa Sencrop recauda 10 millones de euros. WND Group, Sigfox . Recuperado de: <https://www.wndgroup.io/2019/01/27/gracias-su-estacion-agro-meteorologica-conectada-sigfox-la-nueva-empresa-sencrop-recauda-10-millones-de-euros/>

## Capítulo 4. Internet de las cosas aplicada en la salud

**L.I. Diana Concepción Gómez de la Torre**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[00041235@itdurango.edu.mx](mailto:00041235@itdurango.edu.mx)

**M.A.S.I Rubén Pizarro Gurrola**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[rpizarro@itdurango.edu.mx](mailto:rpizarro@itdurango.edu.mx)

**Dr. Oscar Treviño Maese**

Universidad Pedagógica de Durango

[o.trevino@upd.edu.mx](mailto:o.trevino@upd.edu.mx)

### Introducción

Actualmente es bien sabido que incorporar la tecnología tiene como ventajas ayudar a los seres humanos en realizar mejor su trabajo, y en las organizaciones tiene consecuencias que favorecen en mejorar y hacer más eficientes los procesos y llegar a mejores resultados.

En el giro del sector salud, hospitales, clínicas y consultorios, el uso de la tecnología favorece el servicio que prestan médicos, enfermeras, personal administrativo entre otros, todo con la finalidad de conservar la salud de los pacientes. De manera general se puede decir que existe tecnología en el sector salud en la diversidad e innovación de aparatos médicos para distintos fines, todo ello con la finalidad de apoyar a la prevención y detección de enfermedades. Es el auge de las tecnologías lo que ha generado enormes expectativas para disminuir los problemas de prestación de servicios médicos y de salud pública.

El envejecimiento de la población implica aumento de servicios médicos y servicios asistenciales y, por ende, un aumento de costos que es necesario

soltar a través de nuevas tecnologías que ayuden a mejorar el servicio de las Instituciones dedicadas a ello y el autocuidado.

Internet vista como una tecnología, se ha convertido en un medio libre de comunicación, cualquier persona puede publicar información, interconectarse y comunicarse con los demás, descargar archivos, enviar correos, hacer videoconferencias, entre muchas otras cosas (Alvite y Morán, 2021).

Como lo menciona específicamente Quiroz (2020), “internet se ha convertido en un factor fundamental para el desarrollo de la tecnología, así mismo, recalca que el avance tecnológico incluyendo el uso de internet es un elemento favorable para el desarrollo en la medicina, y antepone la integridad y salud del ser humano” (pág. 132).

Internet de las Cosas (IoT) se trata de la conexión de dispositivos y objetos de la que captan señales y están conectados a través de Internet. Permite integrar sensores y dispositivos con módulos electrónicos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas.

El presente documento expone aspectos que revelan el uso de IoT aplicado en la salud. Describiendo casos en los que se ha empleado tecnologías para dar solución a problemas en el contexto del diagnóstico, detección y prevención de enfermedades. Los casos describen la tecnología que se aplica, características, ventajas y desventajas que tiene su implementación.

En este capítulo se da a conocer una propuesta que consiste en llevar Internet de las Cosas a los consultorios. Mediante la telemedicina se pueden realizar consultas a distancia con especialistas. A través de videoconferencia se establece comunicación entre el paciente y el médico especialista y con el uso de sensores incrustados en parches inteligentes, tecnología *RFID* y un *smartwatch* se lleva a cabo la función de monitoreo, permitiendo a los médicos tener acceso a la información emitida por los dispositivos. La información se concentra en la base de datos del servidor de la Institución para su resguardo.

El beneficio que aporta la presente propuesta y casos de uso es para toda la comunidad relacionada con el sector salud; emplear las tecnologías de IoT, para disminuir las situaciones de riesgo, hacer posible la atención oportuna y el cuidado permanente; agilizar procesos, ahorrar de tiempo y costos; con todo ello, mejorar la calidad de vida del paciente.

Dentro del área de la salud, el internet de las cosas médicas (Internet of Medical Things, IoMT) como lo menciona Ramírez, Pérez, Galaviz, Villarreal, y Jiménez (2020) ha cobrado importancia debido al potencial que tiene esta tecnología para ayudar a la comunidad del sector salud en procesos de prevención e identificación de posibles problemas de salud antes de que sean críticos, y en la gestión eficiente y rentable de recursos para dar atención a pacientes con enfermedades crónicas degenerativas (pág. 2).

Internet de las cosas médicas (IoMT) como lo conceptualiza TechTarget (2017) es un conjunto de dispositivos y aplicaciones enfocadas al sector salud que se conectan a sistemas de atención médica a través de redes informáticas en línea. Dispositivos y aplicaciones que van desde accesorios o wearables para medir variables y condiciones de un paciente, hasta inteligencia artificial en un quirófano (DelVecchio, 2017).

Como propuesta específica en este capítulo nace la idea de un planteamiento para el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) e ISSSTE, que se basa en realizar consultas especializadas de manera remota utilizando las ventajas que ofrece la Telemedicina. La propuesta abre la posibilidad de una implementación del Internet de las Cosas en el sector Salud, aplicando la telemedicina y telemonitorización en pacientes con padecimientos crónicos o de alto riesgo.

Cabe mencionar que los pacientes a los que va dirigido esta propuesta son aquellos que se encuentran con padecimientos crónicos, quienes requieren de consultas con médicos especialistas y llevar un control de los medicamentos que se administran y cuál es su reacción a ellos.

Aprovechando el IoT se pretende que, con la posible implementación de la propuesta, se pueda monitorear pacientes de manera remota, desde su domicilio, con el fin de dar seguimiento a las especificaciones por parte del especialista. En lugar de una visita a un hospital o al consultorio médico, el monitoreo remoto depende de los dispositivos, ya que hacen la lectura de las variables fisiológicas de manera automática. Incluyen sensores en parches inteligentes, un smartwatch y una base de datos para poder tener un control en tiempo real de lo que sucede con el paciente.

Estas tecnologías podrían convertirse en un gran aliado de los profesionales de la salud y personas que asisten, a la hora de llevar a cabo sus actividades, podrían utilizarlas para mejorar la calidad en el diagnóstico, el tratamiento de las enfermedades y la monitorización en tiempo real de los pacientes, estableciendo contacto con ellos sin necesidad de pasar por la consulta o de ser hospitalizados.

### Objetivo general

Diseñar propuesta de implementación de internet de las cosas en consultas médicas especializadas a través de la telemonitorización de pacientes en su domicilio, empleando la telemedicina como medio para la consulta remota, utilizando sensores para la monitorización de variables fisiológicas del paciente en casa.

### Objetivos específicos

- Identificar el estado del arte de la aplicación del internet de las cosas en el sector salud.
- Describir aplicaciones reales del uso de la tecnología y la telemedicina en el sector salud.
- Describir aspectos generales sobre hospitales inteligentes
- Identificar áreas de oportunidad de algunos del Instituto Mexicano del Seguro Social.

- Definir propuesta conceptual de aplicación de internet de las cosas en el sector salud.

Como parte de la estructura de este capítulo, en el apartado de marco teórico, se hace una revisión de los conceptos y tecnologías que intervienen en la propuesta de internet de las cosas en la salud. Se presenta una descripción de conceptos como es internet, internet de las cosas, evolución de IoT, en el aspecto de hardware y redes se describen conceptos de conexiones en internet, sensores, actuadores, telemetría y telemedicina, entre otros.

En el apartado de desarrollo, se describe el uso y aplicación de internet de las cosas a manera de casos de uso en diferentes áreas de la medicina. En esta sección, se habla de los grandes avances que ha logrado internet de las cosas en la salud, cómo han sido aplicadas dichas tecnologías y las ventajas que han aportado.

En este mismo apartado de desarrollo, se hace una propuesta particular para brindar atención médica mediante el uso de la telemonitorización desde casa a pacientes con padecimientos crónicos degenerativos o de alto riesgo. Se hace la propuesta de suministrar parches inteligentes, que contienen sensores para medir signos vitales y actividad del paciente. Así como la creación de un *smartwatch* que sirve para notificar al paciente y a los médicos a cargo el estado de salud de las personas. Finalmente, como parte de la propuesta se describe el almacenamiento y envío de información a la base de datos del servidor de la Institución.

De manera importante, como lo menciona Sanmartín, Karen, Vilora, y Jabba (2016) el uso de IoMT servirá para llevar un control permanente de la salud de pacientes, teniendo en cuenta que hay situaciones en las cuales los síntomas son silenciosos y que un diagnóstico temprano permitiría la prevención y posibles soluciones a las enfermedades que pueden resultar mortales.

## Marco teórico

Se describen de manera conceptual aspectos tales como internet, internet de las cosas, sensores actuadores, indicadores, telemetría, telemedicina, entre otros; de manera contextual algunos casos y/o aplicaciones de Internet de las cosas en el ámbito de la salud.

### Internet

Internet es la red de redes, es un conjunto de redes interconectadas en todo el mundo, es la infraestructura física o la autopista de la información, en la cual se utiliza la web; la web es una manera de procesar y presentar la información digital y es el medio más popular para usar internet; internet es un sistema electrónico de intercomunicación. (Gómez, 2013).

Internet no sólo es una red que tiene interconexión entre computadoras, sino que también interconecta redes de computadoras entre sí. Y una red de computadoras consiste en un conjunto de máquinas o equipos computacionales que están comunicadas a través de un medio que puede ser por cable coaxial, radiofrecuencia, fibra óptica, líneas telefónicas, inalámbrica, entre otros, con el objetivo de compartir recursos.

Frecuentemente mediante una computadora, se establece una línea de comunicación inmediata con cualquier parte del mundo para extraer información que sea de interés. Esta información es representada en internet en modalidad WEB o páginas que contienen una extensa variedad de recursos, tanto de investigación, educación, de empresas y una gran gama de temas que pueden ser de propósito personal.

### Internet de las cosas (IoT)

Hoy en día, se tiene un nuevo concepto de internet, en el que no sólo permite la conexión entre personas, sino también entre objetos, se habla de internet de las

cosas. Internet de las cosas (IoT) es un marco en el que todas las cosas tienen una representación y una presencia en Internet. Más específicamente, la Internet de las Cosas tiene como objetivo ofrecer nuevas aplicaciones y servicios que sirvan de puente entre el mundo físico y el virtual, en que las comunicaciones máquina a máquina (M2M) representan la comunicación básica que permite las interacciones entre las cosas y las aplicaciones en la nube.

Este es un nuevo modelo tecnológico establece la interconexión de los dispositivos con los que interactúan las personas en el mundo actual (sensores, actuadores), permitiendo obtener datos o información, que facilita una mejor y mayor interconexión global.

Objetos o dispositivos que en un principio tenían programado previamente un comportamiento automático, aplicados con el nuevo modelo tecnológico de internet, se transforman en objetos o dispositivos inteligentes, los cuales envían información a la nube y dichos dispositivos reciben información con la cual actúan de acuerdo con las necesidades o intereses de las personas.

Ahora se debe en cuenta que IoT representa la próxima evolución de internet, que es y seguirá siendo un enorme salto en su capacidad para reunir, analizar y distribuir datos que se puede convertir en información, conocimiento y en última instancia, sabiduría. En este contexto, IoT se vuelve inmensamente importante y trascendente en el desarrollo social, industrial, económico, académico, entre otros.

El concepto de internet de las cosas tiene que ver con dispositivos electrónicos que tienen sensores interconectados para captar señales de variables del ambiente, la industria, el hogar, las personas o cualquier objeto y evento posible; esas señales se convierten en datos para que sean provistos de manera inmediata a la nube y en consecuencia haya actuadores o equipos que reciben los datos y permitan encenderse, apagarse, moverse, cambiar, sincronizar, avisar, entre otros eventos, para ajustarse de un estado inicial a un estado deseado conforme a los datos recibidos.

De acuerdo con CISCO, el número de cosas conectadas a internet superó el número de personas sobre la tierra durante el año 2008 (ver la figura 39); Además, la compañía previó que el número de dispositivos conectados a Internet llegaría a 50 mil millones en 2020 (Segura y Velásquez, 2017).

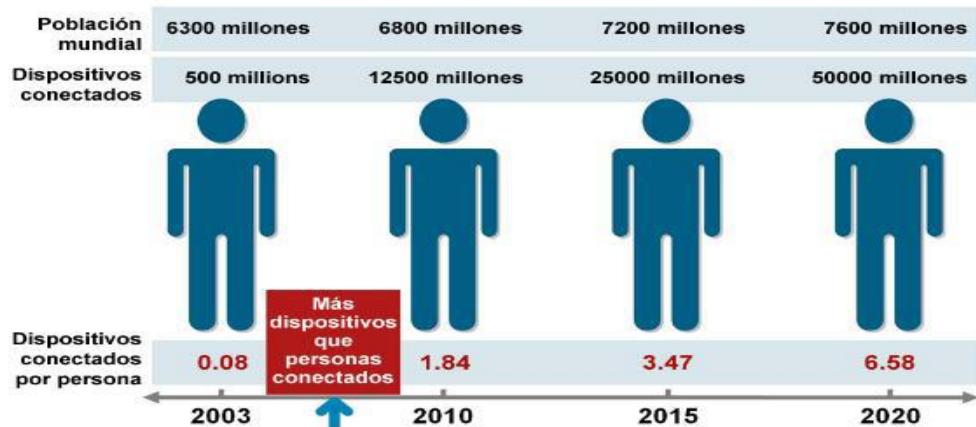


Figura 39. Número de dispositivos conectados a internet 2020

Fuente: (Segura y Velásquez, 2017)

Para Cangrejo, (2020) IoT a veces, es usado para referir a un concepto, o bien una tecnología, o un tipo de hardware que se suele llamar dispositivo o sensor, e incluso, el proceso de captura de datos con dichos sensores; termina diciendo internet de las cosas es todos ello y posiblemente la mejor concepción es que es como un ecosistema tecnológico que involucra dispositivos, sensores, plataformas de procesamiento, infraestructura de redes, o bien, las aplicaciones de usuario final. (Cangrejo, 2020).

Rueda y Talavera (2017) rescatan el concepto de IoT de lo que la empresa *Garner, Inc.* consultora en Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC) la cual establece: “Internet de las Cosas es una red de dispositivos físicos conectados de forma inteligente con la capacidad de recolectar datos del ambiente; Además, para Gartner, IoT es un ambiente en el cual interactúan las cosas, las comunicaciones, y las aplicaciones, y se realiza un análisis de datos recolectados” (Segura y Velásquez, 2017).

En su documento de investigación, Segura y Velázquez (2017) citan lo que para Bradley, en su artículo “Internet of Everything (2013) es internet de las cosas: “Agrupación de personas, procesos, datos y cosas para permitir que las conexiones en la red sean más relevantes y valiosas que nunca, convirtiendo la información en acciones que crean nuevas capacidades, experiencias más ricas y oportunidades económicas sin precedentes para empresas, individuos y países.” (Segura y Velásquez, 2017, pág. 16).

En ese mismo documento de Segura y Velázquez (2017) existe otra definición que cita al artículo de Miessler, en su artículo de “HP Security,” (2014). “El Internet de las Cosas se refiere a la identificación única y la "Internetización" de los objetos cotidianos. Esto permite la interacción humana y el control de estas "cosas" desde cualquier parte del mundo, así como la interacción de dispositivo a dispositivo sin necesidad de implicación humana.” (Segura & Velásquez, 2017, pág. 16).

### **Aplicaciones de IoT**

La pregunta es: ¿en dónde se puede utilizar internet de las cosas?,

Por ejemplo, en el hogar y jardinería, es posible instalar sensores y dispositivos electrónicos para monitorear la humedad de la tierra, y en consecuencia que se encienda el riego de jardín de manera inteligente conforme si el jardín está seco o húmedo.

En los autos, la cantidad de sensores que captan señales y estas convertidas a datos avisan al conductor para que éste tome las acciones siguientes, así mismo esos datos se almacenan y procesan en la nube, posiblemente para cuestiones de seguridad y conocimiento de comportamientos de conducta en la manera de conducir.

En la industria actúan dispositivos de manera inteligente asociado a niveles de calidad de producción; en tiendas de autoservicio con la ayuda de dispositivos de radiofrecuencia o etiquetas inteligentes en los productos para monitorear el estado de los mismos, y la movilidad de ellos.

En transporte en las ciudades para ofrecer mejores servicios a los ciudadanos sobre rutas, tiempos de llegada, ubicaciones, accidentes, estado de las unidades, entre muchas otras cosas.

Lavadoras inteligentes, frigoríficos que avisan cuándo va a caducar un determinado producto, programación remota de la calefacción, alarmas de video, vigilancia inteligente, entre otras aplicaciones. El internet de las cosas está pensando para facilitar el día a día de aquellos usuarios que dispongan de estos dispositivos.

La figura 40, muestra posibles aplicaciones de IoT, en el sector salud; en el hogar; en compañías de servicio como aseguradoras y tienda de autoservicio; en empresas manufactureras, equipos automatizados; ciudades y gobierno inteligentes, transporte urbano, y transportación de productos; proveedores de TIC, consumidores entre muchos otros.

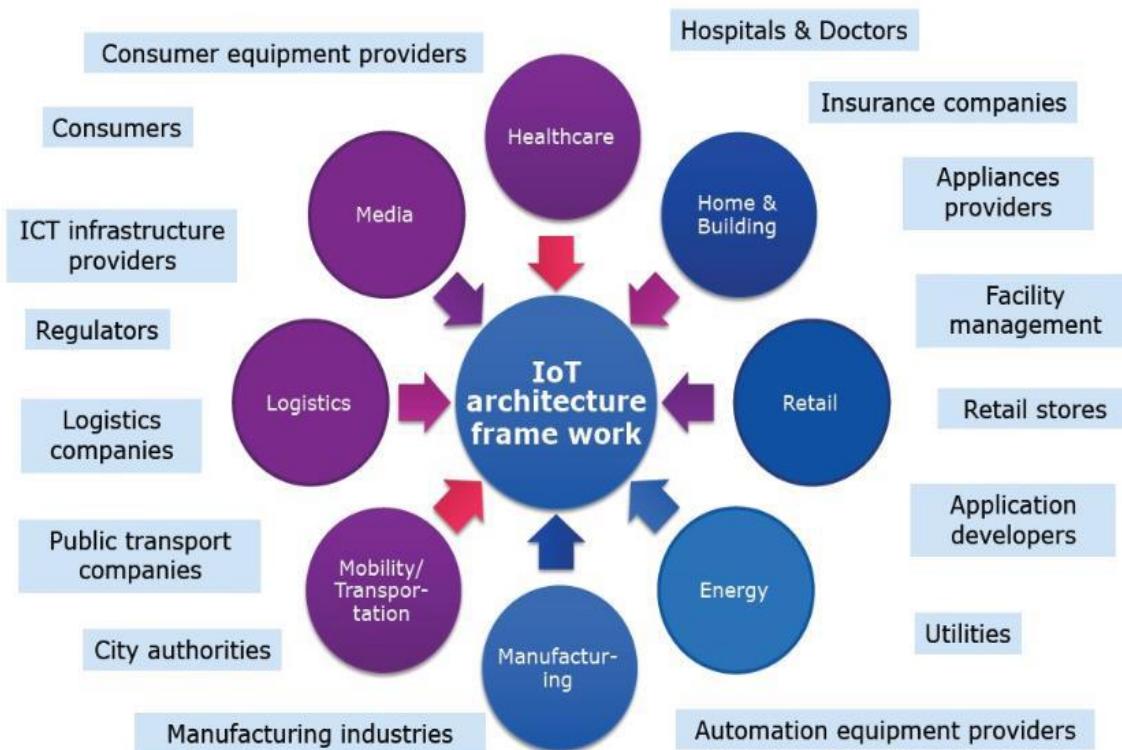


Figura 40. Aplicaciones de internet de las cosas (IoT)

Fuente: (Segura y Velásquez, 2017)

## Evolución de internet al internet de las cosas

La evolución de Internet de las cosas (IoT) es consecuencia de la evolución de internet, puede pensarse que desde la aparición del proyecto militar llamado ARPANET en 1969, con el cual se pretendía comunicar entre sí una importante cantidad de computadoras de las instalaciones del ejército de EE. UU, siendo este un antecedente lejano del IoT.

En los años 70 surgió los servicios de Internet y los mensajes de correo electrónico gracias a que apareció el Protocolo de Control de Transmisión/ Protocolo de Internet (TCP/IP). *NSFNET (National Science Foundation NET)* es la red que utiliza dicho protocolo.

En los años 80s y 90s con aparición de conceptos como interfaces gráficas de usuario, navegadores para internet, mayor capacidad de cómputo y de dispositivos electrónicos, conexiones de alta velocidad a un gran número de usuarios, así como los conceptos de WEB y WEB 2.0; además de la proliferación de dispositivos conectados a internet en las siguientes décadas 2000 y 2010 son precursores naturales de la aparición y evolución de IoT.

Internet de las cosas existe desde hace décadas, pero hasta ahora es que se puede conjugar los avances de esta tecnología, siendo algo muy atractivo e interesante para aquellos que lo implementan.

En 1999 se empleó el término “internet de las cosas” por primera vez. Kevin Ashton fue el pionero en describir a IoT como un sistema en el cual los pueden conectarse a Internet y esto es a través de sensores. Estos objetos o cosas pueden ser electrodomésticos, coches, incluso ropa deportiva.

Poco a poco la cantidad de objetos conectados a Internet se convierte en una red más robusta. A esto se suman más alternativas que resultan más económicas, dichas alternativas su función es almacenar y analizar información y los resultados utilizarlos en beneficio de las personas.

En el transcurso del tiempo el concepto de IoT ha ido cambiando y transformándose. En el 2005, La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) publicó su primer informe sobre IoT. Donde declara al Internet de las Cosas como una promesa de un mundo de dispositivos interconectados que proveen contenido relevante a los usuarios.

Los Institutos Universitarios de Tecnología (IUT) en 2012 declararon que IoT como una infraestructura global para la sociedad de la información, que permite que los servicios de interconexión (física y virtual), cosas u objetos existentes y en evolución coexistan en un medio.

Cisco en el 2013, define a IoT como la interacción entre los seres humanos y los objetos en diversas aplicaciones, tales como la fabricación, la logística, el sector de los servicios, la agricultura, el reciclaje, gestión ambiental, casas inteligentes y otros, añadiendo una nueva forma de conectividad de los objetos a internet (Selinger, Sepulveda, y Buchan, 2013).

El internet de las cosas ha evolucionado con la finalidad de unir a un gran número de elementos con diferentes capacidades de conexión y la computación a una gran y única red. Siendo capaces de enviar información, detectar el estado de un entorno, procesar los datos y enviar los resultados.

La diferencia entre los sensores antiguos y los actuales se muestran en las primeras velocidades de intercambio y las de hoy en día que 5G promete. Sumado a lo anterior big data, inteligencia artificial, analítica, mayor capacidad de procesamiento y la oferta de obtener por un costo mensual, infraestructura, seguridad y software como un servicio. Todo ello resultado de la evolución de internet de las cosas.

### ***Tipos de conexiones internet de las cosas***

Las organizaciones al implementar soluciones de internet de las cosas, deben examinar y admitir tres tipos de conexiones: Máquina a Máquina (M2M), Máquina a Persona (M2P) y Persona a Persona (P2P).

## Conexiones (M2M)

Los sensores, actuadores y controladores son los componentes fundamentales de los sistemas modernos M2M. Deben estar programados y tener un enlace de comunicaciones de red que les permita la interpretación de datos, de acuerdo con parámetros predefinidos, es cómo se reenvían esos datos (Cisco Networking Academy, s.f.).

La telemetría es la forma de comunicación más conocida en las conexiones M2M. Es utilizada para supervisar de manera remota las mediaciones de rendimiento obtenidas de sensores (Cisco Networking Academy, s.f.).

La telemetría es donde existen sensores de distintos tipos que se conectan a un módulo electrónico para recolectar información, y entonces la transfieren a un punto central específico, permitiendo a distintas máquinas comunicarse entre ellas y tomar decisiones rápidamente (TopConnect, s.f.).

Actualmente es común que las máquinas usen conexiones inalámbricas como WiFi o conexiones móviles para enviar señales y datos. Esto disminuye limitaciones cuando se trata de distancia, dando a los fabricantes y diseñadores amplia flexibilidad en la recolección de la información y permitiendo que varias máquinas se comuniquen entre ellas (TopConnect, s.f.).

En la figura 41, se muestra un ejemplo general del uso de telemetría, en donde básicamente hay sensores conectados a brazos robóticos que captan señales de variables y envían datos para que alguien los esté monitoreando. Aquí en la imagen tal vez se vea la intervención del humano, pero posiblemente los robots puedan actuar de manera inteligente conforme a los datos captados y recibidos.

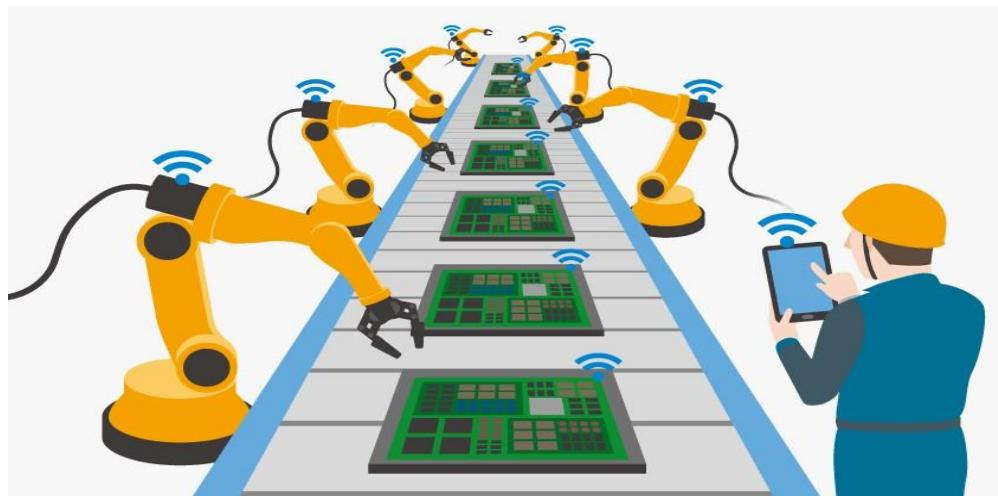


Figura 41. Uso de telemetría como conexión M2M de IoT

Fuente: (diariodelaindustria@, 2020)

## Conexiones (M2P)

Las conexiones M2P significan que las personas pueden enviar información a los sistemas técnicos y recibir información de los mismos. En este tipo de conexión la información se transmite en ambas direcciones, máquina a persona, persona a máquina.

Las tecnologías M2P pueden variar desde sistemas automatizados de notificación al cliente con activadores preestablecidos, hasta tableros evolucionados que ayudan a visualizar distintos análisis (Cisco Networking Academy, s.f.).

También es posible realizar operaciones más complejas M2P, como hacer un examen y análisis de datos recibidos, y determinar la forma de representación de la información a los responsables de la toma de decisiones para su evaluación. En la figura 42, se muestra la interacción entre máquina y persona M2P.



Figura 42. Conexiones máquina - persona M2P

Fuente (reporte industrial, s.f)

## Conexiones P2P

Es la simple comunicación y colaboración entre personas en este tipo de conexión. Las P2P se caracterizan por soluciones cooperativas que aprovechan la infraestructura, dispositivos y las aplicaciones de red nuevos y existentes. Estas plataformas de red optimizadas y seguras permiten tener voz, vídeo y datos en una única vista, desde y hacia cualquier terminal o dispositivo móvil (Cisco Networking Academy, s.f.).

Las aplicaciones P2P habilitan servicios para gestionar recursos y reservas salas de reunión, por ejemplo, mediante Cisco Smart+Connected Meeting Spaces. Las aplicaciones P2P pueden admitir la colaboración en línea a través de conferencias web y videoconferencias, ejemplo de ello mediante Cisco WebEx. (Cisco Networking Academy, s.f.).

La figura 43, identifica un tipo de comunicación P2P en donde las personas interactúan en reunión presencial y remota a través de tecnología de enlace y comunicación.



Figura 43. Cisco collaboration meeting rooms

Fuente: (CISCO, s.f.)

## Sensores

Los sensores son llamados “los soldados del IoT”. Son recursos de hardware que hacen el trabajo crítico de recolectar señales de los procesos de monitoreo, medición y recolección de datos. Frecuentemente los sensores son usados para detectar impulsos eléctricos, mecánicos, ópticos para transformar a datos y que en consecuencia que se dé una respuesta a ello. (Ligero, 2018).

Un sensor tiene el trabajo de convertir un parámetro físico (luz, movimiento, humedad, velocidad, presión sanguínea, temperatura, entre otros) en una señal que puede ser medida eléctricamente. Los sensores hacen que los dispositivos sean capaces de sentir, como si tuvieran algún sentido como las personas. Un sensor se define como un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida.

Las salidas eléctricas de los sensores son de manera analógica o digitales. Tienen distintas clasificaciones un sensor, las más comunes son: Por el tipo de

variable a medir o Por el tipo de transducción utilizado (Corona, Abarca, y Mares, 2015).

La figura 44, muestra una casa con distintos tipos de sensores de impacto, magnéticos, de humedad, para percibir olores como gas, de humo de agua, de movimiento, de cercanía de objetos extraños, intrusos, entre muchos otros, en donde cada uno de ellos seguramente tienen una función particular y para uso humano, doméstico y muchos de tipo industrial y comercial.



Figura 44. Sensores en casa.

Fuente: (Cisco Networking Academy, s.f.)

### Clasificación por el tipo de variable a medir

Existe una gran variedad de sensores, y establecer una clasificación es importante para conocer el tipo de medición que pueden realizar estos, en el documento que presenta Ramírez (s.f.) en el cual indentifican ciertas mediciones que pueden hacer los sensores, entre ellos, la luz (con su gama de espectro: visible, infrarroja, ultravioleta), el sonido y ultrasonido, la gravedad (inclinación, posición), la

temperatura, la humedad, la presión y/o fuerza, la velocidad, el magnetismo, ubicación, proximidad, distancia, entre otros (Ramírez, s.f.).

Otra clasificación sería por el estímulo interno o externo que recibe: sensores pasivos los que reciben un estímulo que proviene del medio ambiente (es decir, la propiedad física es la que se mide) y sensores activos los que provee sus propios estímulos o señales y usa su interacción con el medio ambiente como la propiedad que se mide (Ramírez, s.f.).

Entre los sensores internos se puede encontrar, sensores de posición, sensores de velocidad, sensores de gravedad. Estos sensores se llaman internos porque están vinculados directamente con el dispositivo que los contiene.

En lo referente a los sensores externos sería aquellos que están alejados del dispositivo controlador y sin embargo captan señales remotas al dispositivo, se puede encontrar: sensores de temperatura y humedad; sensores de luz; sensores de sonidos; sensores de proximidad; de contacto; sensores de presión y fuerza; sensores de navegación (Ramírez, s.f.) entre otros.

### **Actuadores**

Un actuador puede ser visto como un recurso tal vez mecánico y cuya actividad es que a través de una fuerza pueda mover o actuar sobre otro componente o dispositivo. Un actuador realiza una variación tal vez de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir del impulso o transformación de energía que viene proveniente de alguna señal de algún controlador.

Se denominan actuadores a todos aquellos dispositivos que obedecen o acatan las órdenes que ejecuta una unidad de control, es decir efectúan una acción en respuesta a la petición solicitada. Al igual que los sensores, existen diferentes tipos de actuadores y ellos son: hidráulicos, neumáticos, eléctricos (Marcatoma, 2020).

## Indicadores

Algunos autores además de los sensores y actuadores incorporan el término de indicadores que tiene que ver con un dispositivo que puede dar una respuesta visible hacia el ser humano. Son muy utilizados en procesos de control ya que se necesita tener ciertos indicadores para determinar el estado de un proceso, puede ser por medio una luz, una pantalla, *display*, un Buzzer, entre otros. (Marcatoma Palta, 2020).

## Telemetría

La Telemetría se conoce como un ecosistema que permite la monitorización, mediación y rastreo de variables físicas o químicas a través de datos que son transferidos a una central de control.

El enlace de datos en la Telemetría se realiza normalmente mediante comunicación inalámbrica pero también se puede realizar a través de otros medios como: teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, entre otros. La telemetría es usada en áreas muy diversas que va desde el automovilismo, aviación, astrología, pasado por la agricultura, industria de petróleo, medicina y hasta biología, entre otros.

En su artículo, Álvarez, Jiménez, y Chafla (2015), mencionan que la “telemetría es el uso de la tecnología que permite al usuario recopilar información en lugares inaccesibles, para luego trasmitirla a lugares donde pueda ser procesada, almacenada y/o presentada (pág. 2)”.

Se refiere también, a la medición y transmisión automática de datos a distancia por radio, celular u otros medios. Un ejemplo de telemetría es el que se observa en el propio artículo de Álvarez, Jiménez Jiénez, y Chafla (2015) el cual es utilizado para el monitoreo de los signos vitales de un paciente que se encuentra en una ambulancia, en una situación catalogada como emergencia médica, que mediante la utilización de sensores de presión, temperatura y ECG (Electrocardiograma) permita monitorear los signos vitales, y luego estos se procesa

y envía a un servidor remoto, en el cual se cuenta con una aplicación para que un médico especialista visualice la información en un entorno web en el centro de salud, permitiendo obtener criterios expertos en la toma de decisiones oportuna del paramédico.

Este tipo de desarrollos tecnológicos se están llevando también a enfermos con otros padecimientos como la diabetes, problemas en la sangre y casos extremos de migraña, entre otros.

El uso de una unidad de monitoreo o control usando telemetría (MCT) implica que se puede monitorear los datos que se le transmiten automáticamente a un receptor, como puede ser su dispositivo móvil. Esto permite obtener un análisis semanal, quincenal o mensual de la condición en que se encuentra el paciente con esta afección. Es un trabajo ambulante, sin necesidad de que permanezca hospitalizado. En la figura 45, se presenta un dispositivo de monitoreo remoto que muestra un monitor de eventos cardiacos con sistema wifi.



Figura 45. Monitoreo de ritmos cardiacos usando wifi

Fuente: (Cardiosistemas, 2016)

## Telemedicina

Existen diferentes enfoques en la definición de lo que es Telemedicina. Una de ellas es la siguiente:

La prestación de servicios de atención médica, donde la distancia es un factor crítico, por parte de todos los profesionales de la atención médica que utilizan tecnologías de información y comunicación para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades y lesiones, investigación y evaluación, y para la educación continua de los proveedores de servicios de salud, todo en aras de mejorar la salud de los individuos y sus comunidades.

La Organización Mundial de la salud (OMS), establece que la telemedicina es una alternativa tecnológica para que las personas que viven en zonas remotas accedan a los servicios sanitarios mediante teléfonos móviles, sitios web u otras herramientas digitales. La telemedicina es un complemento útil de la interacción presencial, pero no la debiera sustituir por completo (OMS Organización Mundial de la Salud, 2019).

Hoy en día por ejemplo en materia de COVID19, como lo menciona la OMS el presente y futuro es que los profesionales de la salud utilicen la telemedicina para diagnosticar a los pacientes remotamente monitoreados, los hospitales necesitan estar conectados para la coordinación y clasificación de pacientes a través de redes y servicios de telecomunicaciones para dar respuesta confiable y así responder a pandemias como COVID-19 (OMS Organización Mundial de la Salud, 2020).

Algunos posibles usos de la telemedicina pudieran ser: la prevención, el diagnóstico, la monitorización, la consulta, atención de emergencias, la vigilancia epidemiológica, entre otros. Todas estas actividades médicas por medio de la atención remota.

En la figura 46, se observa un ejemplo de atención a través de la telemedicina, que implica, atender a personas virtualmente con médicos especialistas, lo que permite agilizar la atención sin la necesidad de trasladar al paciente al hospital o consulta médica (Gobierno del Estado de Durango, 2020).

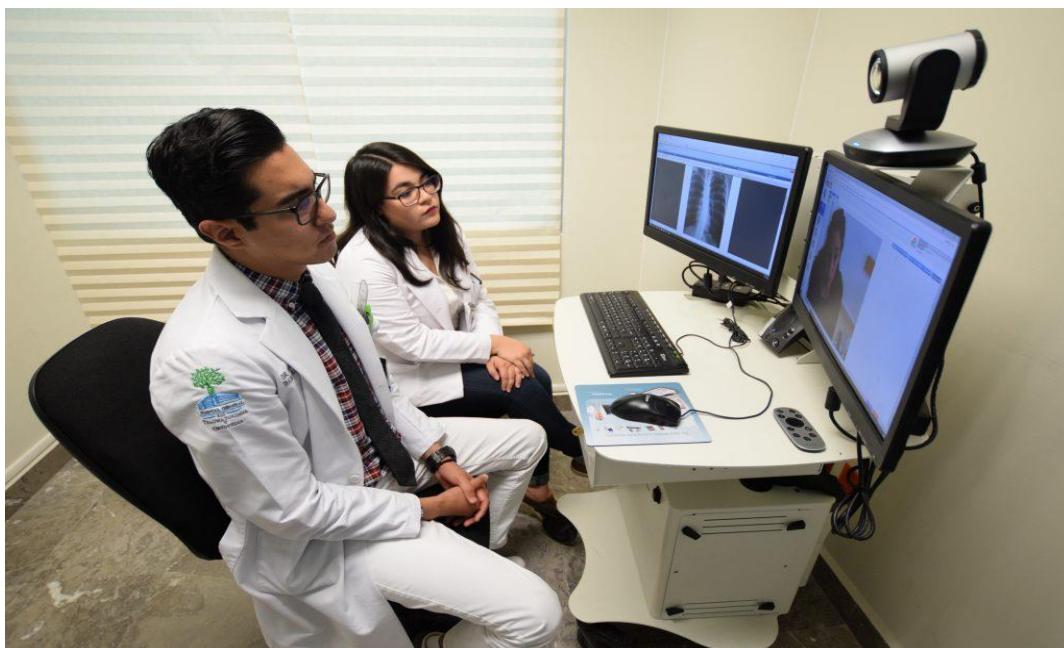


Figura 46. Atención remota a través de telemedicina

Fuente: (Gobierno del Estado de Durango, 2020)

## Aplicaciones de internet de las cosas (IoT) en la salud

En la actual sociedad, el aumento de los dispositivos como son los smartphones o tabletas, el tener acceso a la información de cualquier índole en tiempo real, así como la mensajería sin importar la geografía de su destino es hoy por hoy un hecho real y tangible.

La proliferación de estos dispositivos junto a las aplicaciones de software médico, han tenido una expansión a diversos sectores, entre los cuales existe el sector salud, al cual han beneficiado estas herramientas tecnológicas ofreciendo soporte sanitario a distintos perfiles de usuarios. El uso de dispositivos ha hecho una modificación en la práctica clínica habitual por parte de los profesionales de la salud, al igual que el software médico.

El acceso a herramientas de entrenamiento, control de constantes (peso, presión arterial, frecuencia cardíaca, entre otros) o consulta médica a distancia de

forma ilustrativa, fácil y rápida ha abierto el camino a lo que ya hoy en día se define como *mHealth* bajo los lemas de universalidad y ubicuidad.

El término *mHealth* se usa para referirse a la prestación de servicios de atención médica a través de dispositivos de comunicación móvil y hoy en día esto se entiende globalmente como un servicio médico basado en el uso de dispositivos móviles (Hernández, 2021).

La relación de *mHealth* con IoT es precisamente que a través del monitoreo constante por sensores, se envían datos a los dispositivos móviles para la correcta interpretación y toma de decisiones de los usuarios.

Dentro del *mHealth* se encuentran diversas categorías reconocidas: llamadas a centros de salud, teléfonos de servicios de emergencia gratuitos, gestión de emergencias y desastres, telemedicina móvil, citas y recordatorios, movilización de la comunidad y promoción de la salud, seguimiento del tratamiento, registros del paciente, acceso a la información, monitoreo de pacientes, encuestas de salud y recopilación de datos, vigilancia, salud y sensibilización y sistemas de apoyo a la toma de decisiones (García, 2018).

Se describen y presentan algunos ejemplos y casos de uso de *mHealth* relacionados con IoT.

### **Digital Medicine**

La medicina digital es un campo que tiene que ver con el uso de tecnologías para apoyar en todo sentido a los servicios de salud. Ejemplo de ello, el caso de la farmacéutica *Proteus Digital Health* que fabrica, distribuye productos farmacéuticos y ofrece servicios de atención médica, en torno al paradigma *Digital Medicine*.

La empresa está ofreciendo productos tecnológicos para medir la efectividad del tratamiento con los medicamentos, esto, ayuda a los médicos a mejorar sus resultados clínicos y a los pacientes a alcanzar sus objetivos de salud.

Un caso específico sería el caso de *Ability MyCite* se identificada como la “primera píldora inteligente”. Creada por la empresa *Otsuka Pharmaceutical Co. y Ltd.* y *Proteus Digital Health*, se trata de una medicina con aripiprazol, pensada para pacientes con problemas de esquizofrenia, trastorno bipolar y como un complemento para antidepresivos.

La pastilla coexiste con un sensor digital. Cuando se ingiere desde el estómago y antes de que se mezcle con los ácidos gástricos, se manda una señal a una aplicación móvil, que indica a qué hora se tomó la pastilla. Este tipo de dispositivos ayudan a controlar y monitorear que los pacientes sigan el tratamiento indicado (Martínez, 2019).

En algo similar funciona el frasco de pastillas creado por *AdhereTech*. En este caso, es el frasco el que contiene un sensor que avisa de cuándo se abre, y envía alertas al paciente cuando se olvida de tomar la dosis conveniente (Martínez, 2019).

Otros ejemplos del tipo sensor del tamaño de un grano de arena con medicamentos selectos para la hipertensión, diabetes y comorbilidades (Presencia de enfermedades coexistentes o adicionales en relación con el diagnóstico inicial).

El sensor al ser ingerido se activa automáticamente cuando se descompone en el estómago, y transmite la señal a un parche adhesivo que el paciente porta; luego, el parche transmite datos como la frecuencia cardiaca, la actividad, el descanso, ritmo cardíaco y el momento en que tomó la píldora a una aplicación en el dispositivo móvil del paciente, esta aplicación se llama *Proteus Discover*.

Finalmente, el paciente puede compartir los datos con el médico, donde aparecerá en una aplicación del panel. La información ayuda al equipo de atención a determinar el funcionamiento del tratamiento con medicamentos, y así ajustar o adaptar el tratamiento individualmente de acuerdo con las necesidades del paciente.

La figura 47, muestra una píldora inteligente con sensor integrado.

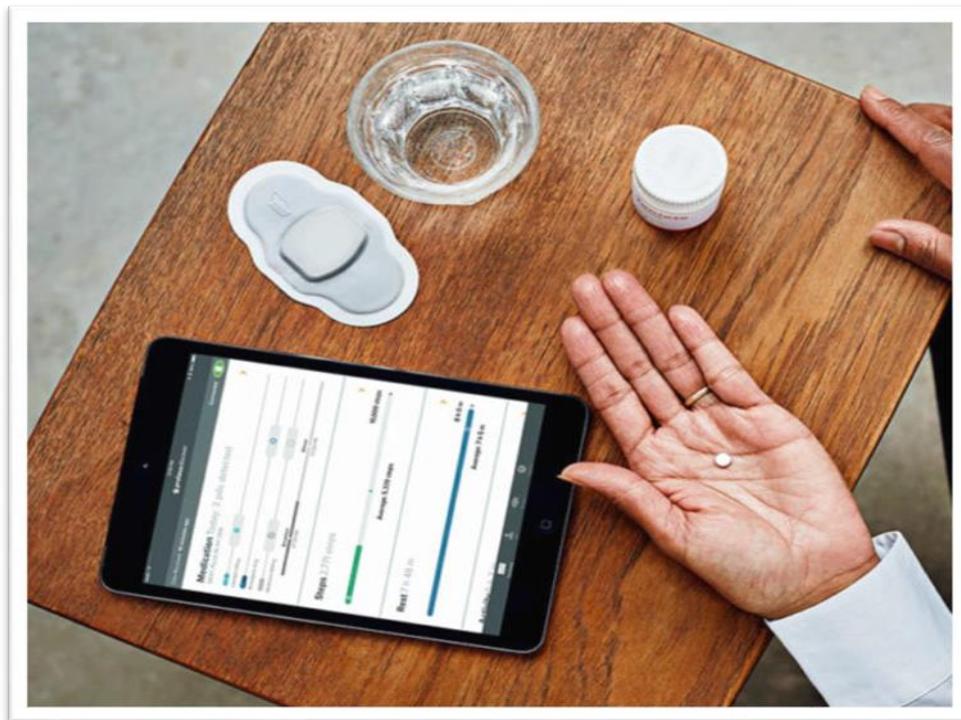


Figura 47. Píldora inteligente

Fuente: (Garabetyan, 2017)

### Lentes de contacto Inteligentes para diabéticos

En el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología de Ulsan (Corea del Sur), un grupo de investigadores han desarrollado unos lentes de contacto inteligentes para diabéticos. Estos lentes de contacto tienen integrados unos sensores inalámbricos con la capacidad de detectar los niveles de glucosa en la sangre en las lágrimas. Se ha demostrado en diversas investigaciones que el nivel de glucosa en las lágrimas es un indicador confiable de la cantidad de azúcar en la sangre.

La electrónica estirable (circuitos electrónicos plegables y flexibles) similar a la piel, combinada con las comunicaciones inalámbricas, permite mediciones fisiológicas no invasivas y cómodas al reemplazar los métodos convencionales que

usan agujas penetrantes, placas de circuitos rígidos, conexiones de terminales y fuentes de alimentación (Jihun, Joohee, y So-Yun, 2018).

La figura 48, muestra un lente de contacto con sensor integrado con algunas características: son lentes blandos y cómodas de llevar; contienen un sensor de glucosa que envía señales eléctricas a un LED; alertan al paciente cuando los niveles de azúcar están muy altos; monitorización los niveles de glucosa desde el móvil; pixel LED; alerta límites peligrosos de glucosa; transferencia de datos de manera inalámbrica; materiales elásticos y transparentes; transparencia óptica y alcalina, entre otros (Jihun, Joohee, y So-Yun, 2018).

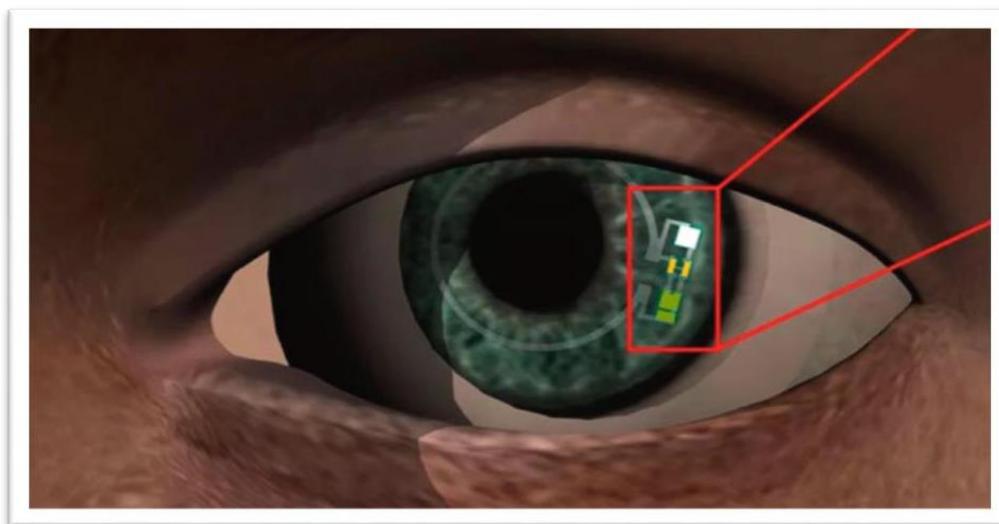


Figura 48. Lente de contacto con sensor integrado

Fuente: (Jihun, Joohee, y So-Yun, 2018)

## Hospitales inteligentes

Por todos es sabido que el desarrollo de IoT ha provocado una auténtica revolución tecnológica que está redefiniendo todos los sectores, entre ellos, el sector salud.

La idea de hospitales inteligentes es tener edificios destinados a servicios de salud interconectados por medio de IoT: hospitales que optimizan y rediseñan sus procesos clínicos, sistemas de gestión e infraestructura bajo una red digitalizada e

interconectada con la que conseguir una experiencia y asistencia al paciente de calidad y una mayor eficiencia operacional. Dichos centros son mejor gestionados, donde la tecnología elimina barreras entre el personal hospitalario y los pacientes mientras consigue un importante ahorro de costos gracias a un gasto energético más eficiente.

El COVID-19, deja evidencia y área de oportunidad de que la información debe fluir de forma simple, rápida y con máxima eficiencia en los sistemas de salud para mejorar servicios de salud y salvar vidas a partir de la toma rápida de decisiones (El Economista, 2021).

Por otra parte, en el portal de El Economista (2021), se menciona Tecnologías como la cómputo en la nube, las redes avanzadas 5G; la inteligencia artificial (AI), el paradigma big data e impresión 3D como parte de las industrias 4.0; la programación neurolingüística (NLP), data as a platform (DaaP) e Internet de las Cosas Médicas (IoMT) garantizan servicios eficientes de salud en hospitales y para el bienestar de los pacientes (El Economista, 2021), lo que acentúa el hecho de que los hospitales estarán migrando hacia un concepto de servicios inteligentes de salud para bienestar de los ciudadanos.

Algunas características generales de los hospitales inteligentes serían: una red inalámbrica de alto rendimiento, dispositivos médicos de mano y portátiles conectados, vigilancia ambiental en tiempo real, quirófanos híbridos (seguimiento mediante RFID de productos utilizados), la telemetría y nuevas tecnologías como sensores de cama, entre otras.

En la figura 49, se destacan aspectos de hospitales inteligentes en donde se observa una oportuna visualización de imágenes y adecuada comunicación entre profesionales de la salud a través de tecnología de vanguardia.



Figura 49. Hospital inteligente

Fuente: (El Economista, 2021)

Un fuerte punto esencial de hospitales inteligentes es el diseño tecnológico siendo la base que asegure la optimización y automatización de procesos, permitiendo la conexión de una multitud de dispositivos para monitorizar y controlar diferentes variables asistenciales que, al combinar la computación en la nube, permiten implementar nuevas capacidades y desarrollar una infraestructura inteligente.

Algunas ventajas de los hospitales inteligentes se identifican como: la inmediatez, ubicuidad, economía, optimiza el gasto global de los hospitales, evita faltantes de material hospitalario, atención personalizada, atención en tiempo real, comodidad del paciente, uso de tecnología para reducir el margen de error, entre otras.

Sin embargo, existen desventajas, como la propia inversión en tecnología, el cambio de la manera de hacer las cosas, romper paradigmas y procesos viejos, cambio cultural y algo mucho más delicado, la privacidad de los datos que tiene que ver con seguridad de los mismos.

### **Monitoreo de atención domiciliaria para pacientes EPOC**

La EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica) es una limitación crónica al flujo aéreo y respiratorio en las personas y relacionada con fumadores. Se trata de una enfermedad con un elevado índice de mortalidad y supone un problema de salud pública de gran magnitud. Representa un elevado costo sanitario y constituye la cuarta causa de muerte a nivel mundial (Grupo de Trabajo de GesEPOC, 2012).

La EPOC no es una enfermedad curable, pero es tratada para retrasar su progresión y mejorar la calidad de vida de las personas que la padecen. Habitualmente, el paciente es diagnosticado para iniciar una serie de pruebas de monitoreo de variables fisiológicas, las cuales causan alteraciones que pueden ocasionar la muerte.

La telemedicina, como estrategia de cuidado y seguimiento a pacientes con EPOC, se requiere no solo de recursos económicos para dispositivos para su tratamiento y fármacos, sino además de recursos intangibles como el tiempo de entrenamiento al equipo de salud y a las familias que están al cuidado del paciente.

Por tal motivo la OMS promueve investigaciones que generen nuevas estrategias costo-efectivas, que involucren sistemas tecnológicos que fortalezcan la capacidad de servicios de salud (OMS Organización Mundial de la Salud, 2019).

La figura 50, muestra un ejemplo de IoT para tratamiento de una enfermedad como EPOC, en donde a través de sensores se recopilan los datos necesarios para una pronta comunicación y efectiva toma de decisiones.



Figura 50. IoT para tratamiento de EPOC con diversos sensores

Fuente: (Ramírez, Marín, & Rodríguez, 2018)

En un trabajo difundido por Ramírez, Marín, y Rodríguez (2018), presentan el uso de IoT con diversos sensores para monitorear variables fisiológicas tales como pulso cardiaco, oximetría (SPO2), flujo de aire (respiración), temperatura corporal, electrocardiograma (ECG), glucometría, respuesta galvánica de la piel (GSR - sudoración), presión arterial (esfigmomanómetro) y posición del paciente (acelerómetro)

El sistema completo se compone de varios módulos, uno de adquisición de datos, (sensores), un módulo de transmisión de datos por medio de una placa electrónica *raspberry*, un módulo de comunicación de datos a plataformas en la nube y finalmente la parte visual vista de manera amigable en dispositivos móviles.

La figura 51, muestra estos módulos y la interacción entre ellos.

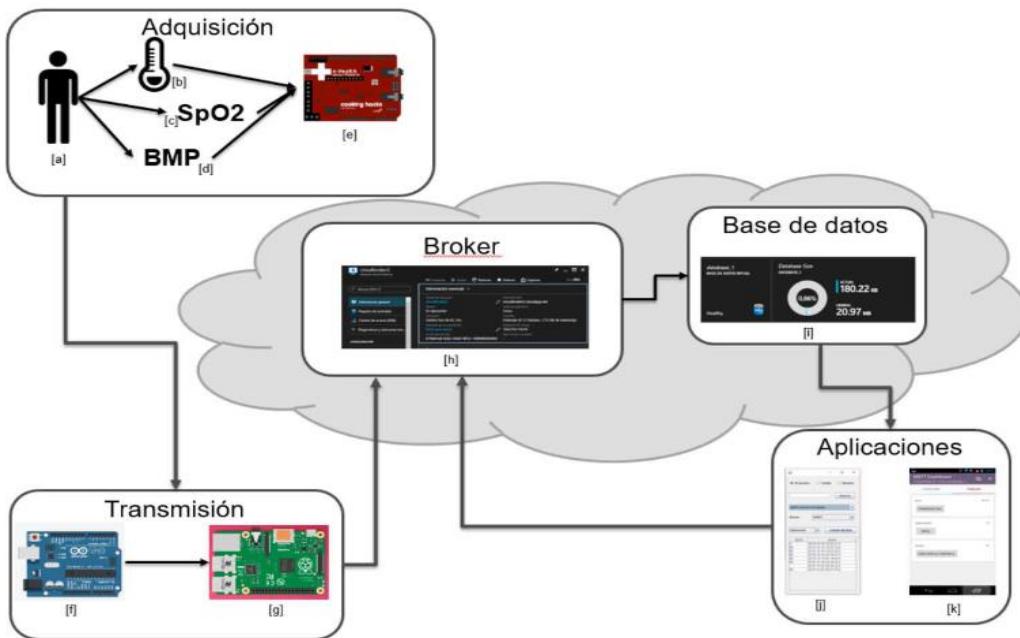


Figura 51. Módulo de un sistema para monitoreo de EPOC

Fuente: (Ramírez, Marín, y Rodríguez, 2018)

### Monitoreo de salud en el hogar para COVID-19

Una propuesta específica de utilizar IoT en relación con la atención de una enfermedad como el COVID-19, es la que se encuentra en el documento de Chanchí, Gómez, y Hemández (2021) el cual proponen un sistema que ofrece la posibilidad de almacenar los datos capturados, realizar un análisis sobre los datos históricos a nivel estadístico mediante el uso de algoritmos de analítica de datos, teniendo en cuenta los niveles de umbral de las variables monitoreadas recomendados por la comunidad médica. Así, el sistema propuesto pretende fortalecer los resultados generados por los dispositivos comerciales, articulándolos en la arquitectura de IoT, la cual en la capa de análisis incluye algoritmos de aprendizaje no supervisado que tienen en cuenta los valores de umbral para la detección temprana del COVID-19 bajo el modelo de salud desde el hogar. (pág. 3).

La figura 52, presenta la descripción de la arquitectura de este sistema a través de cuatro capas: capa de capturas con el uso de oxímetros comerciales que

envían datos través de redes inalámbricas de corto alcance (*bluetooth*); una capa de almacenamiento usando tal vez lenguajes como Python y bases de datos para captación de datos en formato json; una capa análisis de datos tanto estadísticos descriptivos y también incorporando algoritmos de *machine learning* de tipo no supervisados y finalmente el uso de aplicaciones visuales para mostrar los datos de manera ejecutiva. En el proceso seguramente se hace uso de internet para transmisión de datos de la capa de almacenamiento hasta la capa de visualización.

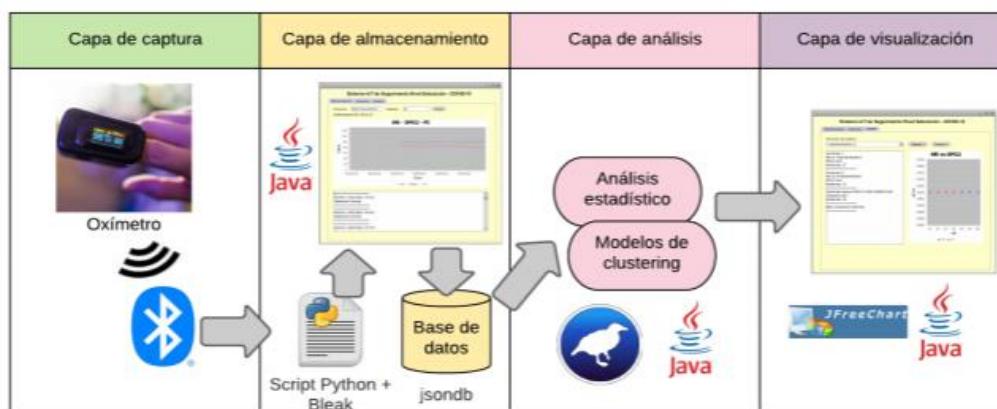


Figura 52. Arquitectura de sistema usando IoT para patrones de COVID-19

Fuente: (Chanchí, Gómez, y Hemández, 2021)

## Desarrollo

La integración de la salud, la informática y las telecomunicaciones ofrece un panorama para la construcción de una nueva forma de organización y funcionamiento de los servicios de salud donde la innovación sea factor clave para hacer más eficiente estos servicios cambiando la calidad de los mismos. Este cambio sustancial permite transformar la administración tradicional en salud, mediante procesos más eficientes orientados a la atención de pacientes y al logro de un sistema de salud mejor comunicado y más inteligente.

Es este apartado de desarrollo se describen algunas ideas, además de la ya mencionadas en el marco de referencia que tienen que ver con aprovechar el área de oportunidad de implementar IoT en los servicios de salud.

Se mencionan mecanismos para aumentar, mediante procesos de innovación y modernización, la eficiencia y cobertura de los servicios de salud y llevarlos con la misma calidad a las regiones más apartadas, así como para ofrecer servicios especializados en línea al alcance de toda la población, independientemente de su lugar de residencia.

Con el uso de IoT en los servicios de salud, el personal de salud puede ser beneficiado en sus actividades diarias de atención médica. Con oportunidades de actualización y desarrollo profesional, a través de sistemas de capacitación y educación continua a distancia. Sin importar su lugar de adscripción.

Podría pensarse en contar con un sistema telemático nacional en materia de salud, implica conectividad y un funcionamiento eficiente de sistemas. Representa un reto y una oportunidad para fortalecer el nivel de acceso de los ciudadanos a servicios de salud integrales, así como avanzar en la reducción de desigualdades y en el mejoramiento de calidad de servicios.

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) es responsable de la salud y seguridad pública y social de casi 60 millones de derechohabientes. En el IMSS se atiende a una población de avanzada edad que requiere servicios médicos de alto costo, relacionados principalmente con padecimientos crónico-degenerativos como la diabetes mellitus, las enfermedades cerebrovasculares, la hipertensión y los distintos tipos de cáncer (IMSS, s.f.).

La atención médica es una de las funciones más importantes que realiza el Instituto. La amplia gama de servicios médicos, preventivos y curativos que ofrece el IMSS tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y contribuir con el desarrollo de las familias derechohabientes.

De entre los objetivos que tiene el IMSS como institución de seguridad social en materia de servicios de salud se encuentran: contribuir a la universalización del acceso a la salud que implica asegurar y ampliar el acceso a los servicios de salud; incrementar la productividad que tiene que ver no solo aumentar cobertura sino con aspectos de mejora continua de los servicios de salud y seguridad social; mejorar modelos de salud que se relaciona con reinventar el modelo de medicina familiar, nuevas modalidades de atención, atención integral a pacientes con enfermedades crónico – degenerativas y mejorar calidad de servicio de urgencias entre otros. (IMSS, s.f.)

Estos objetivos bien pueden alinearse con una estrategia de implementación de tecnología de información y conocimiento (TIC) para en la medida de lo posible, sea una institución innovadora en la mejora y calidad de los servicios de salud que ofrece. De hecho, una estrategia plasmada en el documento del Programa Institucional del IMSS, (s.f.), dice lo siguiente: “establecer una Estrategia Digital Nacional que acelere la inserción de México en la Sociedad de la Información y del Conocimiento”, y esto precisamente se relaciona con pensar en incorporar tal vez IoT en ello.

El caso del Instituto de Seguridad Social al Servicio de trabajadores del Estado (ISSSTE) como institución encargada de otorgar seguridad social a casi 3 millones de servidores públicos, principalmente del ámbito federal y estatal, menciona en el documento del Diario Oficial de la Federación (2020) que pretende trasformar el modelo de atención a pacientes para centrarlo en el derechohabiente; esto quiere decir que se enfocarían principalmente en humanizar el trato a todos los usuarios de los servicios y orientarlos todos los recursos y acciones del personal en el cuidado adecuado del paciente, al tiempo de promover el uso eficiente de los recursos económicos institucionales. (DOF Diario Oficial de la Federación, 2020).

En ese mismo documento, el ISSSTE menciona de entre varios objetivos dos de ellos que tienen que ver con los servicios de salud: seguro de salud con calidad, que implica garantizar el derecho a la salud física, mental y social de los

derechohabientes, con base en el modelo de Atención Primaria de Salud Integral, mediante el otorgamiento de servicios de salud oportunos, accesibles, de calidad y con equidad a lo largo del ciclo de vida. El otro objetivo se relaciona con una administración eficaz y eficiente y sostenibilidad financiera que implica aumentar la eficiencia y sustentabilidad del Instituto, mediante un manejo presupuestal eficaz y una nueva estrategia de adquisiciones y contrataciones, para brindar abasto oportuno y suficiente de insumos, recursos humanos, físicos, financieros, materiales y TIC.

Con lo anterior y poniendo de ejemplo estas dos instituciones públicas de salud pública se presenta una propuesta de uso de IoT para servicios de salud.

### **Atención médica especializada remota**

De manera general se propone que los hospitales puedan brindar atención médica especializada a distancia. Haciendo uso de instituciones y personal ya existentes para facilitar el funcionamiento.

Tanto en el IMSS como en el ISSSTE el camino a seguir para una consulta con un especialista es a través del médico familiar, quién se encarga de realizar una valoración médica del paciente y mandar una orden de laboratorio para tener un perfil completo.

La propuesta de atención remota es evitar traslados cuando se requiera una segunda opinión (con un especialista), o los resultados de los análisis arrojan datos que requieran una atención especializada, se pide una consulta a especialidades.

En algunas atenciones es necesario enviar a los pacientes con especialistas en otras ciudades, aquí es donde entraría en la medida de lo posible las atenciones remotas garantizando la calidad del servicio preventivo y correctivo.

Entonces, la propuesta es utilizar la tecnología médica para consultas con especialistas en forma remota para pacientes con padecimientos crónico-

degenerativos, obtener un diagnóstico y llevar un seguimiento del paciente, incluso desde su domicilio.

El funcionamiento se describe en dos secciones que se describen:

### **Consulta de pacientes crónico-degenerativos por videoconferencia**

Dando por hecho que el paciente ya tiene su cita programada con el especialista vía remota, el procedimiento usando telemedicina y videoconferencia sería:

- i. Acudir con el médico familiar en consultorio de videoconferencia destinada especialmente para este proceso. Dicho consultorio deberá contar con el material, equipo médico y tecnológico necesario para poder llevar una revisión completa.
- ii. Establecer comunicación con el médico especialista en la Institución en que se encuentre laborando, para dar inicio con la valoración del paciente. Anterior a esto el especialista hará lectura del historial para ahorrar tiempo.
- iii. El médico especialista deberá contar con su expediente en pantalla, datos personales, historial clínico, signos vitales (proporcionados por monitoreo en tiempo real) y resultados de análisis recientes.
- iv. El médico especialista guiará la dinámica dentro del consultorio. Haciendo preguntas que el paciente contestará a través de un micrófono para que sea más clara la respuesta.
- v. El médico familiar (asistencial) realizará una valoración física al paciente proporcionando al especialista los resultados de ésta y posteriormente anexando en el expediente la información.
- vi. El médico especialista dará el diagnóstico, tratamiento a seguir e indicaciones que se llevarán por parte del médico familiar y el paciente, en el tiempo que señale.
- vii. Por último, se aclaran dudas, si las hay por parte del paciente. Si no, finaliza la videoconferencia

Dicen que una imagen dice más que mil palabras, en la figura 53 se ejemplifica lo anteriormente dicho:



Figura 53. La telemedicina en instituciones públicas

Fuente: (prnoticias, 2015)

## Monitoreo a pacientes con padecimientos crónicos

Al terminar con la videoconferencia el médico familiar bajo las instrucciones del especialista proporcionará un parche inteligente que ayudará tanto a los médicos, familiares y paciente con el monitoreo de variables fisiológicas. Y como segundo instrumento se apoyarán con un smartwatch creado especialmente para el uso de pacientes afiliados al IMSS o ISSSTE.

### **Parche inteligente**

El parche se trata de un adherente electrónico que puede pegarse a la piel, construido de poliuretano de alto rendimiento. Ayuda a monitorear la salud de las personas, lo que facilita la labor del profesional médico y mejorar la calidad de vida de los pacientes (La capital, 2018).

El parche está equipado con pequeños componentes electrónicos como sensores, se adhieren a la piel como una banda. Las partes sensibles del parche (electrónicas) se deben de incrustar en material adecuado para un buen funcionamiento y protección, en este caso el poliuretano.

La figura 54 muestra un ejemplo de un parche inteligente adherido a una mano del paciente y para monitoreo de variables de salud tales como: ritmo cardíaco, temperatura, saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria, presión arterial, descanso durante la noche, reposo, actividad, entre otros.



Figura 54. Parche inteligente

Fuente: (La capital, 2018)

Estas variables son medidas cada determinado tiempo, para ser enviadas a un smartwatch o aplicaciones móviles o web tal vez, mediante tecnología de radio frecuencia RFID (Radio frecuencia de Identificación). Este medio es un sistema para comunicarse sin cables entre dos o más objetos, Dónde uno emite señales de radio y el otro responde en función de la señal recibida.

## Smartwatch

Dentro de la propuesta también se incluye la creación de un smartwatch especialmente para uso del IMSS y/o ISSSTE, con la finalidad de tener un control de lo que ocurre con el paciente tanto en actividad, descanso y en la toma de su medicamento.

Smartwatch significa reloj inteligente. Se trata de dispositivos multifuncionales portátiles ajustables para ser utilizados en la muñeca del brazo (reloj pulsera). El Smartwatch conjunta una serie de herramientas que le permiten ser un dispositivo versátil ya que cuenta con funciones extras a las de un simple reloj normal. El Smartwatch integra tecnología muy avanzada ya que son verdaderas microcomputadoras, con aplicaciones desarrolladas.

La figura 55, muestra un reloj inteligente para medir distintas variables relacionadas con la condición de salud de una persona.



Figura 55. Reloj inteligente

Fuente: (mercadolibre, 2020)

Con todo lo anteriormente descrito, el monitoreo de los pacientes llega a hacer más fácil para las Instituciones médicas y los pacientes. Desde un punto de

vista clínico, la naturalidad en el uso de los dispositivos electrónicos para el control de parámetros fisiológicos por parte de los usuarios favorece la implantación de sistemas de monitorización remota.

Se propone la implementación de aplicaciones que faciliten un mejor diagnóstico por parte del especialista con la ayuda de dispositivos inteligentes y de las nuevas tecnologías de comunicación.

Hoy en día, una tendencia en los sistemas de atención médica, trasladar partes de los servicios de atención médica, como controles rutinarios para personas mayores, pacientes con enfermedades crónicas o alto riesgo desde hospitales o centros de salud hasta el entorno doméstico.

La atención médica en el hogar no solo alivia la carga de trabajo del personal médico, sino que también permite a los usuarios controlarse a sí mismos en cualquier momento, y así, participar activamente en su propio proceso de atención.

Este tipo de tecnología puede llegar a ser muy útil en áreas rurales. En muchas ocasiones el paciente tiene que desplazarse distancias considerables para acudir a una cita rutinaria con el médico o con un especialista.

Personas de edad avanzada con movilidad reducida o con alguna enfermedad degenerativa, como puede ser el Alzheimer, tienen dificultades para poder asistir a los centros médicos para recibir atención o controlar las medicaciones. A pesar de que suelen tener al menos una persona que les asiste o cuida, requiere de un gran esfuerzo el traslado de estos pacientes.

Contar con un sistema que controle las variables fisiológicas del paciente, y que el médico pueda analizarlas en tiempo real y sin necesidad de que el paciente tenga que asistir a su consulta, mejora la calidad de vida tanto del paciente, como de los familiares o personas encargadas del cuidado de éste.

## Conclusiones

En cuanto al Internet de las Cosas aplicado en consultas especializadas a través de Telemedicina y la Telemonitorización de pacientes en su domicilio, representa una propuesta de importancia que beneficia a los familiares y pacientes que padecen una enfermedad crónico-degenerativa. Empleando las nuevas tecnologías como lo es el Internet de las Cosas, disminuye en gran medida las situaciones de riesgo y se posibilita una atención oportuna y un cuidado de forma permanente.

La propuesta planteada en este documento es un referente sobre cómo darle una solución a una problemática que presentan un buen porcentaje de los derechohabientes del IMSS e ISSSTE, al tener que emplear y esperar por un tiempo considerable para poder tener acceso a una consulta con un especialista.

Como resultado se describió una propuesta del empleo de la Telemedicina en consultas especializadas. Lo que lleva a prescindir de viajes de distancias considerables, puesto que este trabajo está orientado para personas que tienen la dificultad de traslados ya sea por razones económicas, de distancia (entre ciudades), y por condiciones de la propia enfermedad e incluso la edad, de ésta manera las tecnologías empleadas en la propuesta se convierten en una herramienta de mucha utilidad y beneficio para los pacientes, médicos y familiares.

Otro punto importante para la Institución en esta investigación es el monitoreo y seguimiento de parte de los médicos hacia los pacientes. Representa un ahorro en tiempo, primero para médicos: porque al poder tener acceso a la información que tanto el parche inteligente emite al smartwatch, como éste último envía a la base de datos del servidor de la Institución, se agilizan procesos (consultas mensuales) porque se tiene una referencia del estado de salud del paciente. Y segundo, ahorro de tiempo para pacientes, los cuales ya no tienen que invertir largas horas de espera para revisiones de rutina.

Sin contar que los pacientes tienen mayor comodidad al tener acceso a un equipo con monitoreo de variables fisiológicas en el entorno domiciliar, para el paciente trae consigo una mejora en su calidad de vida y una respuesta rápida y oportuna ante una situación de alarma.

En conjunto la Telemedicina y Monitoreo domiciliar (parche inteligente y smartwatch) cumplen como instrumentos o tecnologías de Internet de las Cosas para apoyo a las necesidades que presenta una Institución como el IMSS e ISSSTE, ante tanta demanda de atención médica, donde llegan a ser insuficientes las instalaciones y personal para la atención que se requiere por parte de las personas con derecho a este servicio.

La funcionalidad de estas tecnologías permite una mejor atención médica, oportuna, ágil y eficiente, beneficiando a este sector de la población. Gracias a la interconectividad de múltiples sensores, se presenta una oportunidad en servicios de salud avanzados con un nivel de integración de datos mucho más alto y una proactividad que puede permitir la mejora de la prestación de estos servicios.

Dichas tecnologías suponen una gran oportunidad para mejorar la calidad de la atención médica porque facilita el acceso al sistema sanitario, puede potenciar la relación médico paciente, ayuda a que las decisiones de los pacientes sean más y mejor informadas, hace más fácil el acceso al conocimiento por parte de los profesionales sanitarios, y es un instrumento para una atención más eficiente.

## Referencias bibliográficas

Álvarez V., R. M., Jiménez, J. M. S., y Chafla A, G. X. (2015). Prototipo de un sistema de telemetría para ambulancias utilizando tecnologías de comunicación móvil. SATHIRI. Sembrador. CITT - UPEC, 1-8.

Alvite Díez, M. L., y Morán Suárez, M. A. (2021). Las humanidades e internet. Estudios humanísticos. ISSN. 0213-1390.

Cangrejo, D. (2020). Computación en el borde y en la niebla. Entornos IoT. SISTEMAS. ISSN 0120-5919, 4-7.

Chanchí, G. E., Gómez, A. M., y Hemández, C. E. (2021). Sistema IoT para el seguimiento y análisis del nivel de saturación y ritmo cardíaco en el diagnóstico temprano de Covid-19. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información; Lousada N.<sup>o</sup> E42, , 272-285.

Cardiosistemas (2016). MONITOREO DE EVENTOS DE ARRITMIAS DE ECG. Recuperado de: <http://www.cardiosistemas.com/monitores-de-eventos-cardiacos.htm>

Cisco Networking Academy. (s.f.). Curso: Internet de las Cosas. Cisco Networking Academy. Recuperado de: <https://www.netacad.com/courses/>

CISCO. (s.f.). Collaboration Meeting Rooms CISCO. Recuperado de: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collaboration/pervasive-conferencing/index.html>

CONEXIÓN. (s.f.). Tiendas Conexión. Recuperado de: <https://www.tiendasconexion.com/wp-content/uploads/2019/04/orange-en-persona.png>

Corona, L., Abarca, G., & Mares, J. (2015). Sensores y Actuadores: Aplicaciones con Arduino. Grupo Editorial Patria.

DelVecchio. (2017). Internet de las cosas médicas (IoMT) o IoT de la salud. Recuperado de: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/IoMT-internet-de-las-cosas-medicas-o-IoT-de-salud>

Diariodelaindustria. (2020). IoT. Internet de las Cosas. La comunicación M2M y el futuro de la intercomunicación 4.0 para nuestra empresa. Recuperado de: <https://diariodelaindustria.wordpress.com/2020/06/29/la-comunicacion-m2m-y-el-futuro-de-la-intercomunicacion-4-0-para-nuestra-empresa/>

DOF Diario Oficial de la Federación. (2020). ACUERDO 15.1368.2019 por el que se aprueba el Programa Institucional 2019-2024 del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado. Recuperado de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5594992&fecha=15/06/2020](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5594992&fecha=15/06/2020)

Garabetyan, E. (2017). Perfil. Obtenido de Aprueban la primera píldora inteligente: <https://www.perfil.com/noticias/ciencia/aprueban-la-primera-pildora-inteligente.phtml>

García, J. S. (2018). Análisis de aplicaciones móviles para el control del ritmo cardíaco. Trabajo de Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. Valladolid, Valladolid, España: Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.

Gobierno del Estado de Durango. (2020). Avanza atención de pacientes a través de telemedicina. Obtenido de <http://www.durango.gob.mx/avanza-atencion-de-pacientes-a-traves-de-telemedicina-gobernador/>

Gómez Ospina, J.E. (2013). Internet, Redes Sociales y Libertad de Información. Recuperado de: [https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2949/G%c3%b3mez\\_Edisson%20\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2949/G%c3%b3mez_Edisson%20_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Grupo de Trabajo de GesEPOC. (2012). Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de Pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) - Guía Española de la EPOC (GesEPOC). Archivos de Bronconeumol, 2-58.

Hernández de los Reyes, A. (2021). Intervención en el estilo de vida mediante mHealth e impacto en la. Tesis Doctoral. Córdoba, Dórdova, España: Dpto. Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Córdoba, España.

IMSS. (s.f.). Programa Institucional del Instituto Mexicano del Seguro Social. IMSS: Recuperado de:

[http://diplomadoimss.weebly.com/uploads/5/4/5/7/54577939/programa\\_institucional\\_imss\\_2014-2018.pdf](http://diplomadoimss.weebly.com/uploads/5/4/5/7/54577939/programa_institucional_imss_2014-2018.pdf)

Jihun, P., Joohee, K., y So-Yun, K. (2018). Soft, smart contact lenses with integrations of wireless circuits, glucose sensors, and displays. APPLIED SCIENCES AND ENGINEERING, 12. Recuperado de: <https://advances.sciencemag.org/content/4/1/eaap9841/tab-pdf>

La capital (2018). Parche “inteligente” ayuda a monitorear estado de salud de pacientes. Recuperado de: [https://www.lacapital.com.mx/noticia/63598-Parche\\_inteligente\\_ayuda\\_a\\_monitorear\\_estado\\_de\\_salud\\_de\\_pacientes](https://www.lacapital.com.mx/noticia/63598-Parche_inteligente_ayuda_a_monitorear_estado_de_salud_de_pacientes)

Marcatoma Palta, C. G. (2020). Aplicaciones de microcontroladores para interacción entre actuadores y sensores utilizando un módulo EASYPIC V8. Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. La Libertad, Santa Elena, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.

Martínez, N. (2019). Pastillas inteligentes, audiómetros digitales y plataformas médicas, así es ya el IoT de la salud. Recuperado de: <https://blog.orange.es/innovacion/pastillas-inteligentes-audiometros-digitales-y-plataformas-medicas-asi-es-ya-el-iot-de-la-salud/>

Mercadolibre (2020). Reloj Inteligente. [Imagen]. Recuperado de: <https://www.mercadolibre.com.mx/>

OMS Organización Mundial de la Salud. (2019). La OMS publica las primeras directrices sobre intervenciones de salud digital. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news/item/17-04-2019-who-releases-first-guideline-on-digital-health-interventions>

OMS Organización Mundial de la Salud. (2020). Declaración conjunta de la UIT y la OMS: Desencadenar el potencial de la tecnología de la información para derrotar la COVID-19. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news/item/20-04-2020-itu-who-joint-statement-unleashing-information-technology-to-defeat-covid-19>

prnoticias. (2015). ¿Para qué sirve la Telemedicina? Agencia de noticias prnoticias. Recuperado de: <https://historico.prnoticias.com/salud/20144967-telemedicina?tmpl=component&print=1>

Quiroz, M., Arguello, R., Gómez, M., y Leyva, M. (2020). Evaluación de potencial del internet de las cosas en la salud mediante mapas cognitivos difusos. Revista Conrado, 16(75), 131-136.

Ramírez, A., Pérez, A., Galaviz, G., Villarreal, S., y Jiménez, V. (2020). Implementación y evaluación de un oxímetro de pulso inalámbrico IP-WA para el internet de las cosas médicas (IOMT). Pistas Educativas, No. 137, México, Tecnológico Nacional de México en Celaya, 13.

Ramírez, B. K. (s.f.). Sensores y percepción. Escuela de ciencias de la computación e informática. Recuperado de: <https://www.kramirez.net/Robotica/Material/Presentaciones/SensoresPercepcion.pdf>

Ramírez, L., Marín, A., y Rodríguez, A. (2018). Aplicación del internet de las cosas en la salud: Caso en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. CIENCIA Y PODER AÉREO. Revista Científica de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana Tecnología e Innovación, 82-92.

Redacción El Economista. (2021). Los hospitales inteligentes salvarán más vidas. Recuperado de: <https://www.economista.com.mx/empresas/Los-hospitales-inteligentes-salvaran-mas-vidas-dice-Furukawa-20210312-0071.html>

reporte industrial. (s.f.). Monitoreo inalámbrico. [Imagen] Recuperado de:  
<https://www.reporteroindustrial.com/documenta/imagenes/115747/monitoreo-inalambirco-g.jpg>

Rueda, J., y Talavera, J. (2017). Similitudes y diferencias entre Redes de Sensores Inalámbricas e Internet de las Cosas: Hacia una postura clarificadora. Revista Colombiana de Computación, Vol. 18, No. 2, 58-74. DOI: <https://doi.org/10.29375/25392115.3218>

Sanmartín, P., Karen, Á., Vilora, C., y Jabba, D. (2016). Internet de las cosas y la salud. Salud Uninorte.

Segura, M., y Velásquez, R. (2017). Diseño e Implementación de una Arquitectura de un Sistema de Telemonitorización para Hospitalización. Tesis de Grado. Cartagena, Colombia. Universidad de Cartagena Facultad De Ingeniería de Sistemas Cartagena.

Selinger, M., Sepulveda, A., y Buchan, J. (2013). Education and the Internet of Everything. Cisco Consulting Services and Cisco EMEAR Education Team, 3-14.

TopConnect. (s.f.). ¿Qué es la tecnología M2M?. TopConnect. Recuperado de: <https://topconnect.com/es/conectividad-m2m-iot/que-es-la-tecnologia-m2m/>

## Capítulo 5. Internet de las cosas en la salud: monitoreo y seguimiento de pacientes crónicos en el hogar

**I.SC. María del Socorro Solano Arellano**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[93040924@itdurango.edu.mx](mailto:93040924@itdurango.edu.mx)

**I.SC. Dora Mireya Vásquez Rentería**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[93040663@itdurango.edu.mx](mailto:93040663@itdurango.edu.mx)

**M.E. Luis Fernando Galindo Vargas**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

[lgalindo@itdurango.edu.mx](mailto:lgalindo@itdurango.edu.mx)

### Introducción

Las tecnologías de la información y la evolución del internet juegan en la actualidad un papel fundamental en las diferentes actividades que realizan las personas. Los avances y desarrollos en esta área han permitido que muchos aspectos que antes no podían ser controlados ahora lo sean de forma más factible.

La posibilidad de un mundo de objetos interconectados, de ciudades y hogares inteligentes, así como de aplicaciones y servicios automatizados, ha dado lugar a una inagotable fuente de desarrollos tecnológicos. El Internet de las Cosas (IoT) proporciona los medios para que las tecnologías cobren importancia en beneficio de todos.

Una de las áreas de aplicación más atractivas para el IoT, está estrechamente ligada al mejoramiento de la salud y de los servicios médicos, la preservación de la calidad de vida y principalmente en alternativas para el cuidado de la salud.

Puesto que el IoT puede dar lugar a un gran número de aplicaciones específicas para esta área, tales como: programas de control de enfermedades crónicas, atención a adultos mayores, diagnóstico predictivo de enfermedades y el monitoreo en tiempo real, es de esperar que el IoT permita la reducción de costos, mejore la calidad de vida y en general la experiencia de los pacientes. Es de resaltar que con el desarrollo de aplicaciones diseñadas para el control de enfermedades crónicas y el monitoreo en tiempo real de los pacientes, se generan bases de datos médicas y servidores enfocados a la salud que además de proporcionar un servicio al usuario directo se convierten en un recurso invaluable para el Big Data o datos masivos que generen información que pueda ayudar a tomar decisiones, así como la aplicación de modelos predictivos que sirvan para anticiparse a las necesidades de salud y que ofrezcan una atención médica más eficaz que derive en un mejor servicio de salud para los pacientes.

Actualmente los profesionistas de la salud requieren de tecnologías especializadas que les proporcionen mayor apoyo en tareas de prevención, diagnóstico y monitoreo de enfermedades, buscando con ello la reducción de tiempos y costos. Así mismo, los familiares de los pacientes con enfermedades crónicas buscan alternativas para estar más informados del bienestar de sus seres queridos en todo momento.

Estas tecnologías IoT aplicadas al área de la salud dan como pauta el origen de la Telemedicina, que es la prestación de servicios de salud a distancia, la cual deriva en el monitoreo de diferentes grupos de población y con más énfasis en aquellas consideradas como vulnerables.

Uno de los beneficios más inmediatos que el IoT ofrece es el seguimiento continuo de los pacientes en su hogar, pacientes de todas las edades están familiarizados en el uso de dispositivos móviles conectados a internet pues los utilizan en muchas tareas de su día a día. Esto permite a las instituciones de salud aumentar su presencia en la vida cotidiana de los pacientes sin grandes esfuerzos de formación en nuevas tecnologías.

De acuerdo con la CIAD (2020), en el año 2019 existían 12.8 millones de personas con diabetes y va aumentando cada vez más. Este padecimiento presenta complicaciones tales como: la ceguera, insuficiencia renal, lesiones en los nervios que derivan en amputaciones de miembros inferiores, siendo de suma importancia la implementación de tecnologías que permitan tener un control de este padecimiento; por lo cual en Durango la Unidad Médica Especializada en Enfermedades Crónicas (UNEME) brinda atención a éstos pacientes con el fin de aumentar la calidad de vida de éstos pacientes crónicos a través de un estricto control; para evitar dichas complicaciones que se derivan de una falta de seguimiento y apego al tratamiento.

Por lo que se presenta una propuesta de implementación de un programa apoyado por la UNEME para el desarrollo de un páncreas artificial, contando con la participación de un equipo multidisciplinario conformado por médicos especialista, nutricionista e ingenieros, para que puedan aportar sus conocimientos en el desarrollo del mismo. El área de oportunidad de esta propuesta es el desarrollo de un páncreas artificial para el monitoreo dado por las tecnologías que brindan el IoT para el seguimiento de pacientes con diabetes tipo 1 para así brindar una ayuda rápida y un tratamiento oportuno.

Por lo que la introducción del IoT en la salud específicamente en el monitoreo de los pacientes diabéticos traerá amplios beneficios, mejorando su calidad y expectativa de vida y por consecuencia en los servicios de salud habrá disminución de costos, así como ahorro de recursos físicos y humanos.

## Objetivo general

Diseñar una propuesta que permita la implementación del IoT, que contribuya en el mejoramiento de la calidad de vida de pacientes con enfermedades crónicas.

## Objetivos específicos

- Mostrar como a través del telemonitoreo de los pacientes se puede realizar un seguimiento de los enfermos en el hogar.
- Presentar herramientas del internet de las cosas para el monitoreo y seguimiento de los pacientes crónicos en el hogar.
- Evaluar como a través del internet de las cosas aplicado en la salud, se puede tener un mejor control en la atención del paciente, lo cual puede reducir las visitas al hospital y posibilitar el mejoramiento de la calidad de vida.
- Ilustrar como el modelo de salud centrado en casa beneficia al paciente al mantener controlada la enfermedad y ayuda a la institución de salud a reducir costos.

## Marco teórico

### Áreas de desafío para el internet de las cosas

Existen cinco áreas temáticas clave de la IoT que denotan desafíos relacionadas con la tecnología que son de suma importancia:

- **Seguridad.** Garantizar la seguridad en los productos y servicios del IoT debe ser una prioridad fundamental. Los usuarios deben poder confiar en que los dispositivos del IoT y los servicios de datos serán seguros y libres de vulnerabilidades, principalmente a medida que esta tecnología sea más difundida y se integre a la vida cotidiana. Los dispositivos y servicios del IoT poco seguros pueden ser potenciales puntos de ataques ciberneticos y exponer los datos de los usuarios al robo por una protección inadecuada. La interconexión de los dispositivos del IoT significa que cada dispositivo mal asegurado conectado a Internet podría afectar la seguridad y la resistencia de Internet a nivel global. Por principio, los desarrolladores y usuarios de dispositivos y sistemas del IoT tienen la obligación de asegurar que no estén exponiendo a los usuarios y la propia Internet a daños potenciales. Por lo

que, se necesitará un enfoque para desarrollar soluciones eficaces y adecuadas ante los desafíos de seguridad del IoT, soluciones que se adapten bien a la escala y complejidad de los problemas (Rose, Eldrige, y Chapin, 2015).

- **Privacidad.** Los derechos de privacidad de los usuarios son esenciales para asegurar la confianza de estos en el Internet. En los dispositivos conectados y en los servicios relacionados, se deben desarrollar estrategias para respetar la privacidad del usuario sin dejar de fomentar la innovación en nuevas tecnologías y servicios (Rose, Eldrige, y Chapin, 2015).
- **Interoperabilidad/estándares.** Por interoperabilidad, según (Rodríguez, 2019) y de acuerdo con la Comisión Europea, se entiende “la habilidad de los sistemas TIC, y de los procesos de negocios que ellas soportan, de intercambiar datos y posibilitar compartir información y conocimiento”. En lo que respecta al Internet de las Cosas la interoperabilidad aún no llega a los muy diversos dispositivos y desarrollos en curso. Los diversos actores existentes se han enfocado más en la consolidación de sus propias plataformas, en la innovación y en sistemas propietarios que en los aspectos de interoperabilidad y estandarización abiertos. De hecho, este atraso en interoperabilidad y estandarización ha limitado el potencial del Internet de las Cosas (Rodríguez, 2019).
- **Cuestiones legales, reglamentarias y de derechos:** Los datos que recogen los dispositivos del IoT permiten dar una imagen detallada de las personas con que interactúan. Estos datos pueden ser utilizados para propósitos y productos muy valiosos que benefician a los usuarios. Sin embargo, estos mismos datos podrían ser utilizados en forma discriminatoria. Se deben tomar en cuenta aspectos en los que el ritmo con el que crece la tecnología supera la capacidad de adopción a esos ritmos de los aspectos legales y reglamentos vigentes (Rose, Eldrige, y Chapin, 2015).

- **Relación con las economías emergentes y el desarrollo:** El IoT se dirige a brindar beneficios sociales y económicos a los países en vías de desarrollo como: la agricultura sostenible, el cuidado de la salud, la industrialización, la calidad y el uso del agua y la gestión del medio ambiente. Los desafíos del IoT no se limitarán a los países industrializados. Las regiones en desarrollo también deben actuar para hacer realidad los potenciales beneficios del IoT. Además, se deberán enfrentar las necesidades y desafíos de la implementación en las regiones menos desarrolladas, como la preparación de la infraestructura, inversión, los requerimientos técnicos y los recursos políticos.

## Introducción a telemedicina

Aunque en la actualidad es muy común escuchar de conceptos como telemedicina, debido en gran medida a los grandes avances en las telecomunicaciones y el Internet, lo cierto es que dicho tema se viene trabajando desde principios del siglo XIX, ya que desde entonces se hacían los primeros intentos por remitir imágenes radiográficas a través de la telegrafía. ¿Pero en estos momentos seguramente algunos nos preguntamos que es la telemedicina?, pues bien, no es otra cosa más que la prestación de servicios de medicina a distancia.

Actualmente, estas ideas se han puesto en práctica, es decir, ya se realizan consultas médicas, ya sea entre los especialistas de la salud, o bien, entre un médico y el paciente pidiendo una segunda opinión, así como también la realización de una operación mediante el uso de un robot dirigido por un cirujano experto a kilómetros de distancia. Es importante que los profesionales de la salud, así como todo el personal de los centros hospitalarios tengan el conocimiento y se capaciten constantemente para el uso de las tecnologías involucradas en la telemedicina (Soriano y Martín, 2010).

### Antecedentes históricos

A principios del siglo XX surge el concepto de Telemedicina cuando a partir del uso de los cables del teléfono, se logró trasmitir la información de un

electrocardiógrafo (CENETEC, 2019). Los avances que se han tenido con el desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han impulsado el desarrollo innovador que impulsen la generación de herramientas tecnológicas para los servicios de salud.

En este sentido, la Telemedicina (ver la figura 56) como agente innovador ha permitido a las organizaciones sanitarias implementar nuevas y más eficientes maneras de proporcionar atención médica a distancia.

Como motor de desarrollo, el Internet ha acelerado aún más el ritmo de los avances, ampliando el abanico de aplicaciones basadas en la Web (consultas y conferencias a través de Internet), así como los recursos multimedia (imágenes digitales y video), están ampliando el alcance de la medicina, superando las barreras geográficas, acercando a los pacientes con los médicos y el sector salud (CENETEC, 2019).



Figura 56. Telemedicina

Fuente: (Saludiario, 2017)

## Definición

Una forma simple de definir Telemedicina es como "la prestación de servicios de medicina a distancia". Desde el punto de vista etimológico la palabra telemedicina proviene de tele: lejos y medicina: curar o tratar.

La telemedicina se puede definir como la prestación de servicios médicos a distancia basados en la utilización de sistemas de información y telecomunicación, que puede ir desde un enlace para una consulta directa entre el médico y el paciente, en otros casos el paciente es acompañado por el médico tratante y se enlaza con otro profesional de la salud en busca de una segunda opinión, estos casos son los más sencillos ya que la telemedicina se refiere también a el uso de tecnologías más avanzadas por ejemplo para la intervención quirúrgica con uso de la robótica manejada a distancia y en tiempo real, así como la videoconferencias para tratar un caso en particular ya sea con el paciente participando o solo los profesionales de la salud, tratando un caso particular.

Las aplicaciones van desde una interconsulta online con un especialista que se encuentra a distancia, formación de estudiantes de las ciencias de la salud o afines, y en si todo el personal relacionado con las áreas de ciencias médicas e ingeniería, el diagnóstico asistido con ayudas de herramientas de informática, diagnóstico de emergencia ante la falta de especialistas en las zonas rurales por ejemplos o alejadas geográficamente, reuniones clínicas de un grupo multidisciplinario para tratar un caso concreto.

La organización mundial de la salud (WHO, 2010) refiere la telemedicina como “La prestación de servicios de salud a distancia”; el uso de las TIC para fines de diagnóstico médico, seguimiento y terapéuticos a distancia centrándose en la provisión de asistencia clínica remota, así como un medio para superar las barreras geográficas. La telemedicina puede funcionar entre pacientes y trabajadores de la salud que están separados por la distancia, y puede incluir consultas, monitoreo remoto de signos vitales o datos de diagnóstico, y la transmisión de información.

El camino hacia el acceso, la igualdad, la calidad y la rentabilidad son puntos clave que enfrentan la atención de la salud tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo. Las TIC más el uso de computadoras, el Internet y los teléfonos celulares, así como otros dispositivos están revolucionando la manera en que las personas se están comunicando, intercambiando información y

beneficiando sus vidas. Estas tecnologías tienen un gran potencial para ayudar a adaptar los problemas de salud globales actualmente (CENETEC, 2019).

La telemedicina está en constante evolución, ya que concentra nuevos avances en la tecnología adaptándose a las cambiantes necesidades de la salud y contexto social. Unos diferencian la telemedicina de la telesalud limitando la primera a la prestación de servicios únicamente por parte de los médicos y la segunda, los servicios prestados por enfermeras, farmacéuticos y otros.

Algunos aspectos destacados de la telemedicina se relacionan con:

- Brindar apoyo clínico.
- Superar barreras geográficas, conectando usuarios que no están en la misma ubicación física.
- Implica el uso de varios tipos de TIC.
- Su objetivo es optimizar los resultados de salud

De acuerdo con De la Cruz y Condori (2019), desde sus inicios el estímulo primordial para su uso ha sido el de facilitar el acceso a los servicios sanitarios desde lugares remotos y aislados. El impulso básico para el desarrollo de la telemedicina reside en el potencial de sus aplicaciones prácticas que la hacen deseable para los usuarios o las instituciones sanitarias. De esta manera, a través de la última década ha estado influenciada por el constante desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, así que desde el punto de vista de los proveedores de tecnología como de los usuarios de la medicina, pacientes y profesionales, se demanda la necesidad de nuevos servicios de salud basados en telemedicina.

Actualmente, el avance en los sistemas de Información y las comunicaciones y el uso cada vez más habitual por parte de los ciudadanos y profesionales de la salud, posibilita el desarrollo de proyectos en este ámbito. De esta forma, la telemedicina se ha convertido en una herramienta que permite brindar servicios médicos a distancia, y su desarrollo depende del avance tecnológico. Es importante resaltar de igual forma que también representa una manera de desarrollar nuevos

procedimientos diagnósticos y terapéuticos haciendo énfasis en la relación médico-paciente y centrando los servicios en el paciente, por un lado, facilitará realizar diagnósticos y tratamientos a distancia en conjunto con médicos especialistas hasta los sitios más remotos en tiempo real o diferido; además permitirá mantener al personal actualizado al llevar capacitación hasta su lugar de trabajo.

## Beneficios de la telemedicina

Para los pacientes la telemedicina representa diagnósticos y tratamientos rápidos y oportunos, además de evitar traslados para consultar al médico especialista, así como también las familias pueden estar más cercas del paciente, la atención integral y continua, la disminución de factores como la distancia, el tiempo y los costos, así como el manejo en el propio domicilio del paciente imposibilitado para trasladarse.

Para los hospitales representa la descentralización de la demanda en la atención médica, evitando así la saturación de los servicios, proporcionar atención inmediata y de calidad a un mayor número de usuarios, la automatización de los procesos médicos y administrativos para la toma de decisiones, así como el diagnóstico y tratamiento oportuno y preciso.

Para los sistemas de salud les permite crear redes de apoyo médico a nivel nacional, genera recursos adicionales para la enseñanza de los estudiantes, permite la realización de análisis científicos y estadísticos flexibles y oportunos, además de una mejor utilización y aprovechamiento de los recursos.

Con el desarrollo del IoT, y de las tecnologías 4G y 5G, se ha reducido la brecha que existía respecto a la posibilidad de asistir a pacientes en forma remota. Países como Colombia, China e India, entre otros, han dado a conocer sus trabajos en telemedicina utilizando IoT. Un ejemplo se puede ver en la India, donde el cáncer se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública, y en donde la telemedicina en oncología con el uso de tecnologías inalámbricas les ha permitido brindar atención sanitaria con expertos, y de esta forma ayudar a la prevención,

detección, cuidados paliativos y rehabilitación en el tratamiento del cáncer de manera remota en sitios de difícil acceso (Sanmartín, Ávila, Vilora y Jabba, 2016).

Una de las aplicaciones mayormente utilizadas en la telemedicina es el electrocardiograma (ECG); existen varias publicaciones (Vega y otros 2010, citado por Sanmartín, Ávila, Vilora y Jabba, 2016) en que se muestra el diseño de un sistema portátil de cardiología que permite transmitir en tiempo real a través de telefonía móvil la señal electrocardiográfica.

(Busra y Rahman 2014, citado por Sanmartín, Ávila, Vilora y Jabba, 2016) se propone una arquitectura basada en Internet para la telemedicina, integrando múltiples hospitales en un sistema de información basada en telemedicina móvil para conectar a los pacientes en localidades rurales con médicos especialistas. La solución indica que el ECG portátil se comunica a través de un dispositivo móvil a un servidor que se encuentra en el centro médico rural y este a su vez, se comunica a través de la red con el especialista para que pueda verificar y procesar la información y realizar el diagnóstico a través de su dispositivo móvil o una computadora.

### Telemedicina en México.

El sistema de salud en México cuenta con tres proveedores principales: la Secretaría de Salud (SSA), el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y el Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) además del sector privado. En el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 se establecieron los mecanismos para brindar igualdad de oportunidades en los servicios de salud, además de asegurar los recursos humanos, el equipamiento, la infraestructura y tecnologías de la salud, y la ampliación de la cobertura de los servicios de salud a través de unidades móviles y el impulso de la telemedicina (CENETEC, 2011).

En este sentido se establecieron las condiciones para que México amplié la cobertura de servicios a la población sin posibilidades económicas y es por ello que a través de la integración de las unidades médicas y de los profesionales de la salud

con el uso de las tecnologías telemédicas puedan establecerse los servicios de salud para llegar a los pacientes sin importar su ubicación geográfica (CENETEC, 2011).

El Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) es creado en enero de 2004, debido a la necesidad de contar con información sistemática, objetiva y basada en la mejor evidencia disponible, de la gestión y uso apropiado de las tecnologías para la salud, para apoyar a la toma de decisiones y el uso óptimo de los recursos y en el 2009 es nombrado centro colaborador de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El CENETEC, desde su dirección de Telesalud, lanzó recomendaciones, lineamientos, guías metodológicas y guías tecnológicas basados en investigación y experiencias nacionales e internacionales para lograr disponer de la infraestructura, de las unidades telemédicas, sean operables por las instituciones de salud que formen parte de la Red Nacional de telemedicina, las instituciones de formación de profesionales de la salud y contar con un plan de seguridad informática.

En México se espera que, con los avances en telecomunicaciones, la implementación de dispositivos de la telemedicina como lo son cabinas, kioscos de la salud y dispensadores de medicina, sea lo suficientemente buena para que integre todos los niveles de la población del sector público o privado. En este sentido, en México existen grandes avances en telemedicina, y muestra de ello es el kiosco de la salud de Mércher Industrias Médicas. La empresa tiene sede en Aguascalientes y ellos crearon un Sistema Integral de Salud de primer nivel, como medicina preventiva, atención primaria (Nacionfarma, 2018).

El quiosco que se muestra en la figura 57, consta de atención telemédica y un dispensador de medicamentos. En el módulo de atención médica cuenta con sensores biométricos para obtener los valores de altura, peso, temperatura, oxigenación en la sangre y están amparados por la NOM vigente. El módulo médico al realizar la consulta emite la receta médica que el paciente deberá ingresar al dispensador de medicina, y que al entregar los medicamentos queda invalidado e ingresará los datos del paciente a una base de datos.



Figura 57. Quiosco de salud integral mercher

Fuente: (Nacionfarma, 2018)

## Telemonitoreo

El telemonitoreo es el empleo de las TIC, para obtener información relevante de rutina o especial con relación al estado clínico de los pacientes. Actualmente el continuo desarrollo y variedad en las tecnologías de las telecomunicaciones, ha posibilitado en gran medida el monitoreo remoto de ECG (electrocardiograma), los niveles de insulina, las variables cardíacas, los sistemas de diálisis, las variables fisiológicas entre otros.

Para apoyar la toma de decisiones para establecer el cómo y cuándo se debería realizar un ajuste al tratamiento del paciente, el telemonitoreo permite a los profesionales en salud obtener y monitorear las posibles variables fisiológicas, los resultados de exámenes, las imágenes, así como los sonidos provenientes del paciente. Por lo general este proceso es desarrollado desde el hogar del paciente o desde centros de enfermería local como se puede apreciar en la figura 58 (De la Cruz y Condori, 2019).



Figura 58. Telemonitoreo

Fuente: (Telemedicinaweb, 2016)

## Internet de las cosas médicas IoMT

De acuerdo con Rouse (2017) “Internet de las cosas médicas (IoMT), es la colección de dispositivos y aplicaciones médicas que se conectan a sistemas TI de atención médica, a través de redes informáticas en línea”. A la IoMT también se le conoce como la IoT de la salud.

Los dispositivos médicos provistos con WiFi admiten comunicaciones de máquina a máquina (M2M), que es la base de IoMT. Estos dispositivos además se conectan a plataformas en la nube como pueden ser los servicios de Amazon Web Service (AWS) o Google Cloud Platform), en las que se pueden almacenar y analizar los datos obtenidos. Algunos ejemplos de aplicación de la IoMT:

- Monitorización remota de pacientes con condiciones crónicas o de largo plazo.
- Seguimiento de los pedidos de medicación de los pacientes.
- Ubicación de los pacientes ingresados en los hospitales.

- Dispositivos wearables que pueden enviar información a los médicos o a las personas encargadas del paciente.

Otros ejemplos tienen que ver con las bombas de infusión conectadas a paneles analíticos, así como las camas de hospital equipadas con sensores que miden los signos vitales de los pacientes siendo dispositivos médicos de IoMT. Hoy en día existen más aplicaciones de IoMT que antes, debido principalmente a que muchos dispositivos móviles están construidos con etiquetas de identificación de radiofrecuencia (RFID) que permiten a los dispositivos compartir información con sistemas de cómputo. Adicionalmente las etiquetas RFID se pueden colocar en equipos médicos y suministros para que el personal del hospital esté informado de las cantidades que tienen en almacén (Rouse, 2017).

El mercado del IoT de la salud está teniendo un gran desarrollo, de tal forma que la consultora McKinsey & Co. estima que su uso generará un ahorro de 63 mil millones de dólares a nivel mundial, en gastos médicos durante los próximos quince años (Jimenez, 2018). En este sentido, el IoT para el cuidado de la salud permitirá:

- Reducir el costo de los servicios sanitarios (gastos de mantenimiento)
- Interacción remota en tiempo real entre médico y paciente
- Agilizar la toma de decisiones médicas
- Evitar el traslado de pacientes crónicos y personas de la tercera edad a las unidades médicas
- Diagnóstico y prevención de enfermedades

En definitiva, el cuidado de la salud y el futuro de la medicina está centrado en empoderar al paciente, promoviendo que sean ellos mismos quienes cuiden de su salud, haciendo uso de las tecnologías de la información y comunicación. Todos estos avances tecnológicos han impulsado el desarrollo de dispositivos wearables que permiten llevar un seguimiento de la salud del paciente.

## Redes sociales para el análisis predictivo de enfermedades

Facebook, Twitter y otras redes son herramientas valiosas para los investigadores, ya que los pacientes en sus teléfonos móviles regularmente exponen sus charlas cotidianas relacionados con problemas en su salud, y en este sentido los expertos están trabajando en como esta información puede ser útil para las organizaciones de salud. Twitter es foco de gran actividad en el análisis de datos, el Machine Learning (Aprendizaje Automático) y el uso de sofisticados algoritmos, pueden extraer información interesante de conversaciones cotidianas.

Investigadores de la Universidad de Arizona se encuentran utilizando una combinación de palabras clave, tiempo y datos de localización de cientos de miles de tweets para investigar su uso en el servicio de urgencias para pacientes de asma (Bresnick, 2015). El estudio pretende ajustar como y cuando los servicios de urgencias locales deben de tener recursos disponibles de tal forma que pacientes o grupos en alto riesgo, sean dirigidos hacia lugares de atención menos costoso y más eficientes que los servicios de urgencias, lo cual permite informar de forma proactiva a los interesados a través de los propios teléfonos móviles cuya información fue utilizada en los análisis de datos; es decir, ayudar en la prevención y mejorar la calidad de vida del paciente.

## Oportunidades en telesalud

El entorno tecnológico de IoT consta de hardware, software, objetos, sensores y protocolos, el verdadero valor reside en los datos que se generan, capturan y analizan. La información no tiene mucho valor por sí sola, sino que son los servicios que realizan el análisis y presenten hallazgos, ideas o tendencias de una manera utilizable. Los servicios son el factor crítico para aprovechar todos los beneficios de IoT / IoMT en Telesalud (Pérez y Pascual, 2018).

A continuación, se muestran algunos de los ámbitos de Telesalud, en los que IoT tiene un impacto directo para mejorar y desarrollar nuevos servicios de Salud y de la misma forma se pueden ver en la figura 59:

- Monitorización: tanto dentro como fuera del hogar, de parámetros biomédicos, ambientales o de contexto.
- Control y Supervisión: supervisando adherencias al tratamiento, actividades de rehabilitación, determinadas patologías e, incluso, factores de riesgo.
- Prevención y predicción: con técnicas de Inteligencia Artificial permitiendo la detección temprana de complicaciones o situaciones de riesgo, incrementando la seguridad de los pacientes y disminuyendo los ingresos hospitalarios.
- Calidad de vida: mejorando la autonomía individual, promoviendo hábitos y estilos de vida saludables.

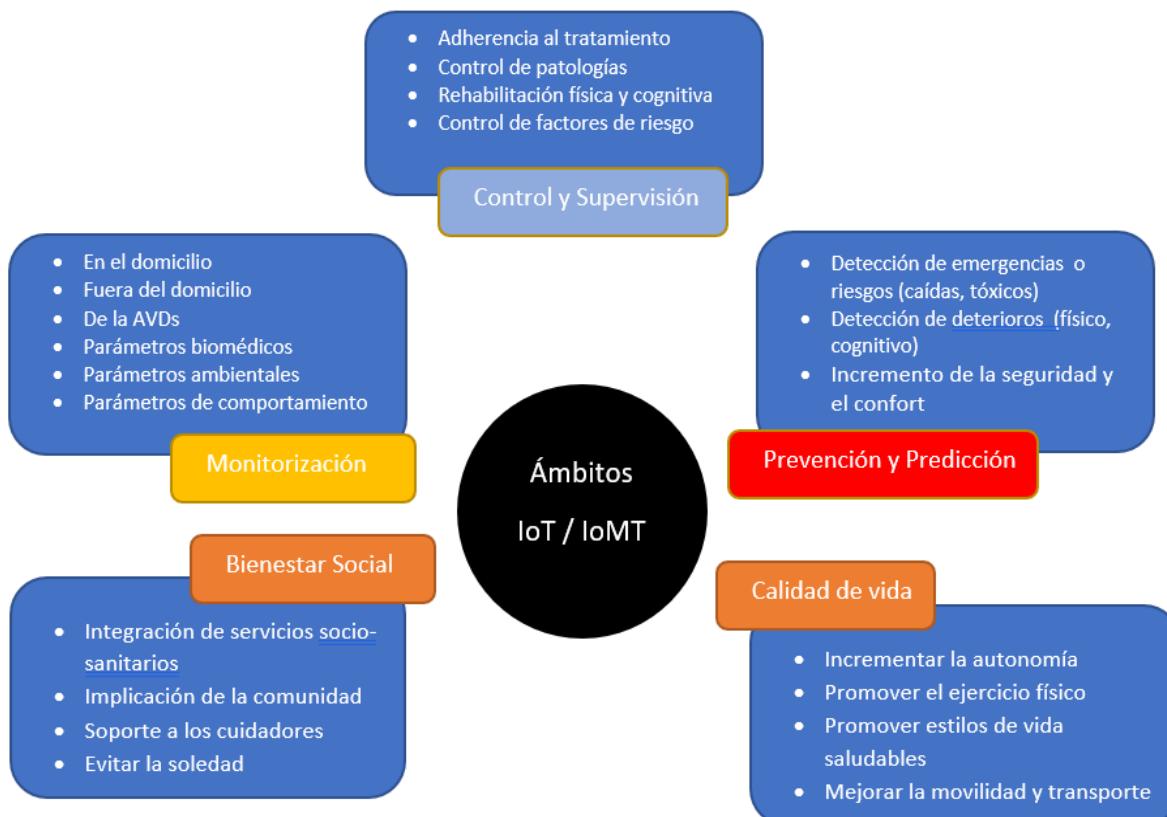


Figura 59. Ámbitos IoT

Fuente: (Pérez y Pascual, 2018)

## Tecnologías de IoT en la salud

El internet de las cosas esta incrementado exponencialmente el número de objetos conectados entre sí. Esto representa un gran reto para el desarrollo de nuevos protocolos de comunicación. Las redes de sensores inalámbricos (WSN) en conjunto con otras tecnologías inalámbricas cumplen con el propósito de impulsar el desarrollo de internet de las cosas aplicado en la salud.

Algunas de las tecnologías inalámbricas utilizadas para sistemas de censado biomédicos se mencionan a continuación:

### Red de área personal inalámbrica (WPAN)

Las redes de área personal inalámbricas (Wireless Personal Area Network) surgieron por la necesidad de desarrollar un sistema que permitiese comunicar directamente entre sí dispositivos móviles de uso personal a distancias cortas sin que fuese precisa una infraestructura intermedia. Por ejemplo, una computadora que necesita comunicarse con sus periféricos inalámbricos, así como también de la necesidad de las personas de comunicarse con sus dispositivos personales como pueden ser teléfonos inteligentes, relojes, inteligentes, tabletas, agendas electrónicas, entre otros. Se caracterizan por disponer de una cobertura relativamente pequeña (hasta unos10 metros) ya que la potencia con que transmiten es muy baja, aunque con antenas específicas se puede ampliar la cobertura.

### Redes de área corporal (BAN)

Actualmente, las redes de área corporal (Body Area Network) tiene relevancia, por la tendencia de su uso en la medicina, en aplicaciones de monitoreo y emergencias. Las redes de área corporal son sistemas de comunicaciones de pequeño alcance, donde las transmisiones se realizan dentro, alrededor o sobre el cuerpo humano.

Entre sus características se encuentran: la cobertura está limitada a distancias no mayores a los 2 ó 3 metros y, en segundo lugar, las necesidades de energía de este tipo de tecnologías son muy bajas, lo que contribuye a prolongar la vida de las baterías de los dispositivos, poca interferencia para la coexistencia con otras tecnologías y, sobre todo, opera con potencias que pueden ser perjudiciales para el ser humano.

Las aplicaciones médicas de las redes de área corporal se centran en el monitoreo de variables del cuerpo humano para el diagnóstico de enfermedades y control de tratamientos, así como mecanismos que mejoran la calidad de vida de los pacientes, por ejemplo, optimizar la interacción de personas con limitaciones físicas o problemas con órganos internos, además de asistencia en cirugías y/o diagnóstico de enfermedades (Betancur, 2011). Las comunicaciones de área corporal se dividen en dos áreas según las características del medio de propagación:

- *Comunicaciones intracorporales*: En este tipo las transmisiones se realizan a través del tejido humano, por lo que se debe atravesar músculo, piel y algunos otros medios de transmisión, resultando ser algo invasivos.
- *Comunicaciones No invasivas o superficiales*: En este tipo todas las transmisiones se realizan sobre la superficie del cuerpo humano, ya sea sobre la piel o en la ropa.

Las redes de área corporal tienen un gran potencial en el área de medicina, por su capacidad de revolucionar las maneras en que se realizan varios de los procesos fundamentales como pueden ser el diagnóstico, el monitoreo, las cirugías y los tratamientos médicos. En la figura 60, se muestra como las redes de área corporal son aplicados en los servicios de salud.

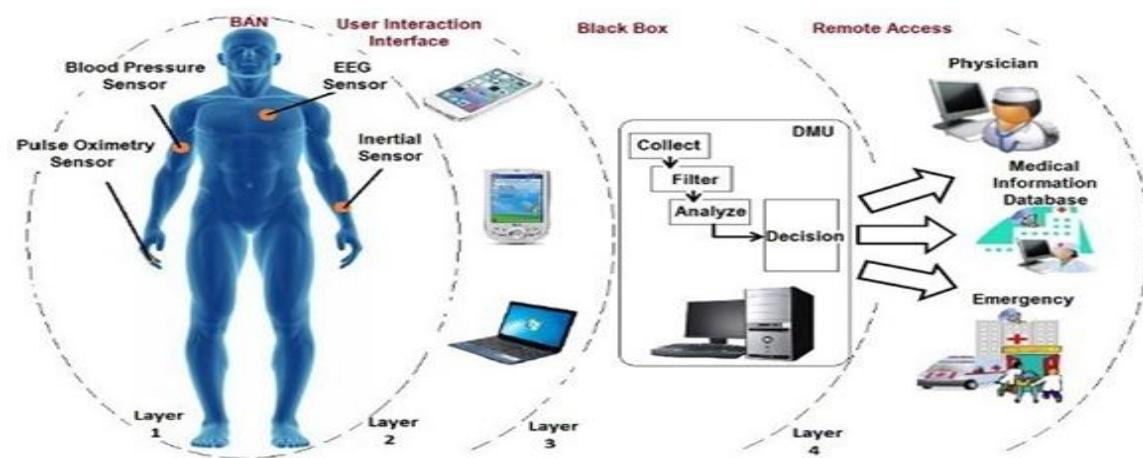


Figura 60. Red de área corporal aplicado en servicios de salud

Fuente: (Pérez y Pascual, 2018)

En aplicaciones de diagnóstico, por ejemplo, un médico puede tomar por medio de sensores ubicados en el cuerpo del paciente, la información necesaria para realizar un examen médico. Enseguida, una unidad central procesa la información que proviene de los sensores. Los sensores envían la información a la estación central o a un nodo coordinador para posteriormente con la información capturada sea procesada por una aplicación y/o sistema de información que despliega la información en imágenes, señales o estadísticas.

De la misma forma se puede tener una serie de pacientes que se encuentran en una sala de cuidados intensivos o en sala de recuperación, después una unidad centralizada recibe los datos de los signos vitales de interés de los pacientes, y con la información almacenada en una base de datos, un sistema de información o una aplicación desarrollada a medida, se encargará de automatizar el suministro de medicamentos en los tratamientos, así como de generar las alarmas en caso de alguna emergencia.

### Sensores ingeribles

Son cápsulas ‘inteligentes’ que pueden ayudar a vigilar las reacciones a los tratamientos en el cuerpo del paciente, rastreando los niveles de medicamento en la sangre durante el día, lo que posibilita determinar las dosis adecuadas en cada

caso y ajustar el tratamiento. Una de esas cápsulas o píldoras es el sensor ingerible Proteus Digital Health mostrado en la figura 61.

La píldora contiene un microchip que se activa al contacto con los jugos digestivos, enviando una señal a un parche adhesivo que se coloca en el torso y que comparte la información con el usuario y con el médico en la plataforma web, además de recibir directamente la información en el teléfono móvil, permitiendo un control exhaustivo sobre la toma de los medicamentos (Proteus, 2019).

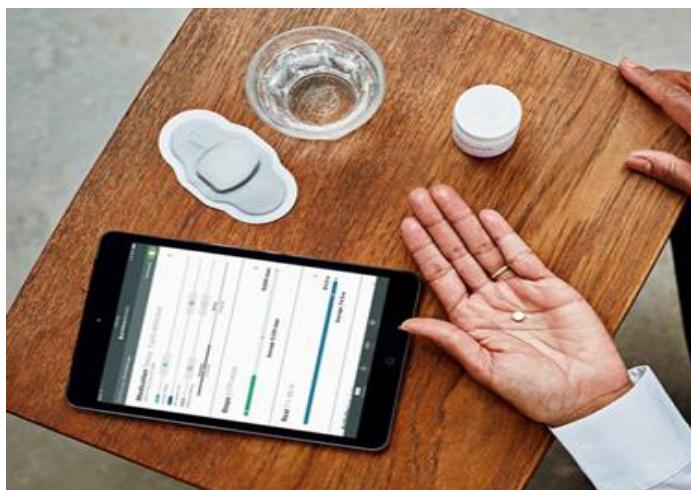


Figura 61. Píldora ingerible proteus

Fuente: (Proteus, 2019)

También existen cámaras de vídeo en miniatura que al ser ingeridas en una cápsula pueden reemplazar, pruebas más invasivas como las colonoscopias o endoscopias. Los pacientes tienen que tragar la cápsula y esta va capturando y transmitiendo imágenes a medida que avanza por el sistema digestivo.

Por ejemplo, la PillCam Colon (figura 62), una pequeña cápsula cuyo objetivo es la visualización de la mucosa del colon y que está pensada para los casos en los que no es recomendable realizar una colonoscopia completa. La cámara toma imágenes durante su recorrido enviando la señal a una serie de sensores que se colocan previamente en el abdomen o en un cinturón alrededor de la cintura, en el

que también hay una pequeña grabadora que recoge los datos. La cápsula es desechable, siendo no necesario recuperarla para recopilar las imágenes del procedimiento, eliminándose de manera natural, generalmente dentro de las 24 horas siguientes sin presentar molestias.

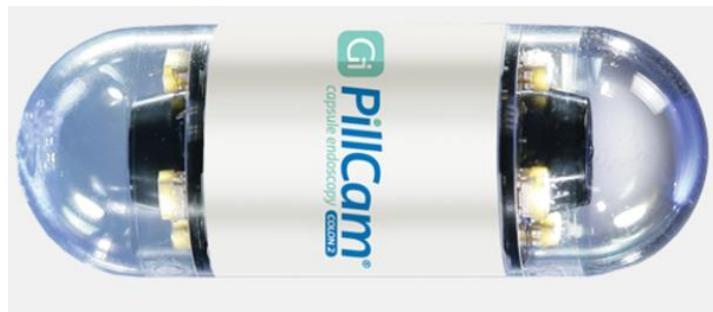


Figura 62. Pillcam colon

Fuente: (Endomédica, 2019)

## Vendajes inteligentes

Activan la administración de medicamentos para aumentar la curación con la capacidad de monitorear el estado de una herida para aplicar medicamentos de manera efectiva. Ingenieros de la Universidad de Tufts revelaron el prototipo de vendaje, los cuales generalmente se aplican en heridas para prevenir infecciones y para mantener un área limpia mientras cicatriza. El prototipo muestra que los vendajes pueden hacer la transición de una opción de tratamiento pasivo a una activa, a través de la implementación de sensores que monitorean las heridas en tiempo real. Las heridas crónicas que se rehúsan a sanar son un problema que cuesta a la economía de los EE.UU unos 28 mil millones de dólares por año (Pérez, 2018). Un ejemplo de vendaje inteligente se muestra en la figura 63.

El vendaje tiene menos de 3 mm de grosor y los componentes están conectados a través de una cinta médica transparente, según el equipo el dispositivo no es costoso; ya que todos los componentes, con la excepción del microprocesador son reutilizables, se eligieron específicamente para garantizar que el vendaje sea económico y desechable (Pérez, 2018).

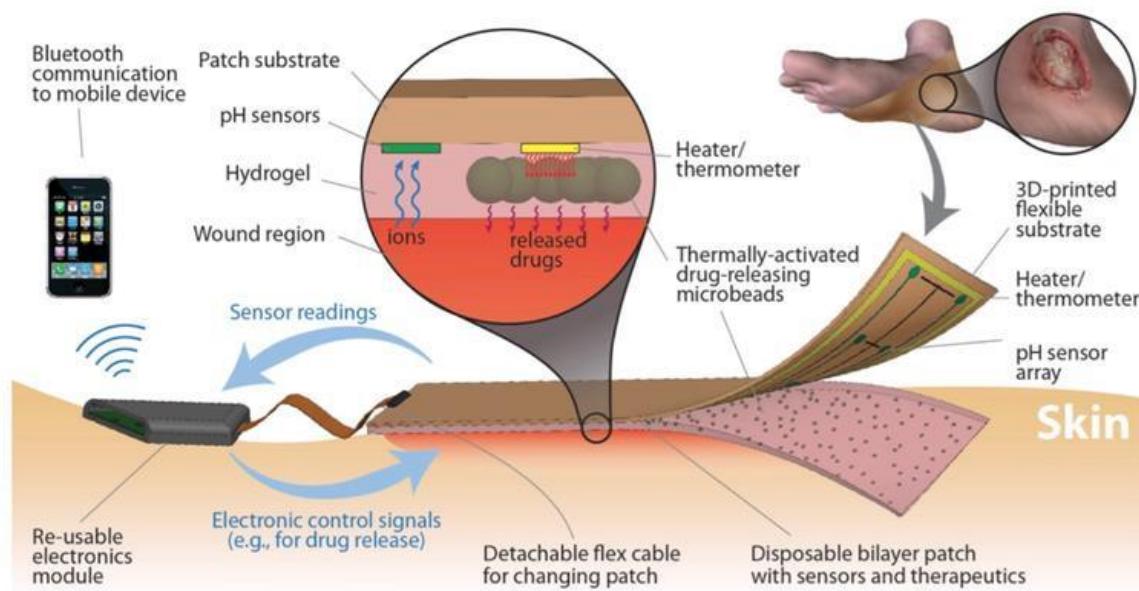


Figura 63. Vendaje inteligente

Fuente: Pérez, 2018

## Plantillas inteligentes

La plantilla funciona a través de sensores con nanopartículas de plata lo que les brinda conductividad, estos sensores quedan insertos adentro de una plantilla de espuma flexible y de igual aspecto que cualquier otra haciendo un monitoreo en tiempo real que miden la temperatura para ayudar a detectar una infección en forma temprana; sensor de humedad para detectar condiciones que puedan favorecer la formación de hongos o bacterias así como para determinar si hay exceso de transpiración y un sensor de presión para determinar si hay cambios en el patrón de su pisada.

Al detectar una anomalía, se envía por Bluetooth una notificación al teléfono del paciente, la cual tiene una app instalada; dicha aplicación almacena los datos, y toma un registro a lo largo del tiempo, de la pisada, del patrón normal de la persona que padece diabetes y también puede sincronizarse con la nube, y esos datos enviarlos al médico, que esté siguiendo el caso de ese paciente. Además, los datos pueden quedar registrados para detectar cambios en el largo plazo.

La plantilla monitorea de manera continua la marcha del paciente, y al detectar una anomalía, la reporta sincronizándose con una plataforma, para que el médico pueda seguir la patología (Schulckin, 2018). Su uso debe ser cotidiano y continuo para estar siempre monitoreado y disminuir los riesgos de una posible úlcera. En la figura 64, se muestra el funcionamiento de una plantilla inteligente.

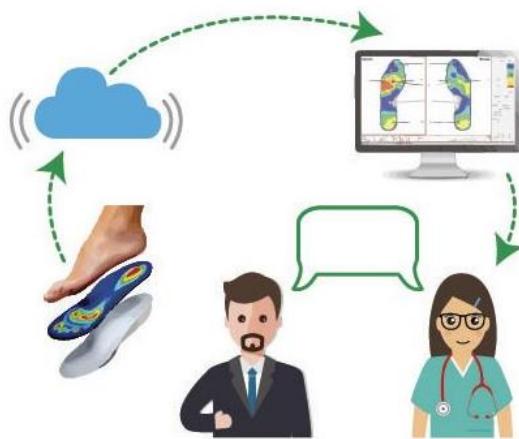


Figura 64. Plantilla inteligente

Fuente: Trimaker, 2018

## Desarrollo

### Propuesta de IoT en el sector salud

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) son enfermedades de larga duración y generalmente son de progresión lenta, entre las que se encuentran las enfermedades cardíacas, los infartos, el cáncer, las enfermedades respiratorias y la diabetes. Estas enfermedades son las principales causas de mortalidad en el mundo, siendo responsables del 63% de las muertes. En el año 2008, 36 millones de personas fallecieron de una enfermedad crónica, de las cuales el 50% pertenecían al sexo femenino y el 29% contaba con menos de 60 años. (Organización Mundial de la Salud., s.f.).

Una de las ENT consideradas de alto riesgo que afectan a millones de mexicanos es la diabetes, teniendo un incremento exponencial con un número de

muertes en 1980 de 14,626, mientras que en el año 2016 fue de 105,574 (Federación Mexicana de Diabetes AC, 2018). En el mundo hay más de 415 millones de adultos que padecen diabetes. La falta de adherencia del paciente al cuidado de su salud conlleva al agravamiento de la enfermedad. Aunque constantemente se desarrollan nuevas tecnologías que permiten al paciente involucrarse más en su atención médica, diagnóstico y tratamiento, el cuidado de la salud en México ha seguido un mismo estándar y en los años recientes ha cambiado escasamente por lo que la diabetes se ha convertido rápidamente en una epidemia del siglo XXI, siendo un reto de salud mundial (Moncada, Espinoza y Salido, 2017).

En Durango, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) cuenta con un registro de 26 mil personas que padecen diabetes, el aumento anual es de 5%, un total de 2200 casos, dentro de la primera causa de muertes registradas en el IMSS, la diabetes mellitus se encuentra en el segundo lugar. El primer lugar es el infarto al miocardio y la tercera el cáncer (Lastra, 2018).

En el Contexto local se cuenta la Unidad Médica Especializada en Enfermedades Crónicas (UNEME) de Durango, que es un centro de primer nivel que se enfoca en disminuir la carga que tienen los hospitales de segundo y tercer nivel, el cual brinda seguimiento y tratamiento de las enfermedades crónicas degenerativas, dando atención personalizada por medio del manejo de especialistas en distintas áreas. En el UNEME se tiene un control multidisciplinario en el que se enseña a los pacientes a mantener una calidad óptima de vida a pesar del tipo de padecimientos crónicos, al contar con el servicio de consultas en ramas como la psicología, nutrición y trabajo social (Gobierno de Estado de Durango, 2018).

El control de la diabetes mellitus tipo 1 es complejo, ya que en la regulación de la glucemia (nivel de azúcar existente en la sangre), intervienen múltiples factores variables. La mayoría de las personas con diabetes mellitus tipo 1 no logran alcanzar sus objetivos de control glucémico, pese a soportar una carga constante en su vida diaria, consistente en numerosas decisiones y acciones para mantener su glucemia en un rango óptimo. Además, el riesgo de hipoglucemia todavía

representa la principal limitación para conseguir la normo glucemia. Puesto que la sustitución biológica de la función del páncreas endocrino está aún lejos, la mejor opción terapéutica en el horizonte es el páncreas artificial (Víbora, 2017).

Al situarse la diabetes como una de las tres enfermedades crónicas de mayor prevalencia en Durango es primordial una propuesta que involucre los avances de la tecnología para poder brindar una mejor calidad de vida a los pacientes con diabetes, uno de los principales objetivos de la investigación en diabetes se ha basado en la idea de **desarrollar un páncreas artificial el cual es un dispositivo con un sistema de control automático que realiza las funciones del páncreas para regular los niveles de glucosa en sangre.**

Está pensado para diabéticos tipo 1, aquellos que son insulino-dependientes, y ha demostrado ser efectivo para evitar las complicaciones mortales, como la hipoglucemia que se caracteriza por niveles bajos de glucosa en la sangre, su misión es controlar la glucosa en plasma de forma constante, decidiendo en cada momento la mejor dosificación de insulina; para ello debe contar con las funciones siguientes:

1. Capacidad de medir aquello que queremos controlar: la glucosa. De ello se encargan los monitores continuos de glucosa, que miden la glucosa cada cinco minutos.
2. Capacidad de actuar para cambiar aquello que se quiere controlar, es decir, administrar insulina y de ello se encargan las bombas de insulina, cuya dosis puede ajustarse de forma continua según necesidades. Esto se hará cada cinco minutos, con cada nueva medida de glucosa.
3. Calcular la dosis de insulina apropiada en función de la glucosa medida y la glucosa objetivo para mantenerla “bajo control”. Esto es lo que se conoce como “algoritmo de control” y es el director de orquesta del páncreas artificial.

Como antecedente de esta tecnología se encuentra el sistema de Dana Lewis conocida como la fundadora del APS de código abierto y que lidera una comunidad

DIY (Do It Yourself) de pacientes con diabetes que continuamente están innovando con nuevas tecnologías para ayudar a controlar la afección.

Al inicio, ella solo tenía la intención de lograr que las alarmas de su monitor de glucosa sonarán más fuertes, para poder despertarla si es que sus niveles de glucosa variaban de manera peligrosa como para caer en coma o incluso morir en el medio de la noche.

Dana sabía cómo programar en C ++ y Fortran 90, por lo que comenzó a codificar alarmas más fuertes en su monitor, pero mientras trabajaba en su proyecto, se dio cuenta que se podía hacer más para facilitar el control de su diabetes.

Dana creó por primera vez el DIYPS (Do-It-Yourself Pancreas System, Sistema de páncreas hágalo usted mismo) en diciembre del 2013 como solución para aumentar el volumen de la alarma de su CGM (monitor continuo de glucosa). Además, en conjunto con Scott Leibrand codificaron un algoritmo predictivo simple (pero efectivo) que pronostica y crea recomendaciones personalizadas para cualquier acción necesaria con la bomba de insulina. El algoritmo de aprendizaje automático emite comandos a la bomba de insulina. Este algoritmo de aprendizaje significa que después de observar a Dana presionando el botón que controla su bomba de insulina, el "páncreas de Dana" aprendió de sus hábitos y obtiene su dosis correcta el 100% del tiempo, incluso cuando está durmiendo (DIYPS, s.f.)

Otra iniciativa es la del Mexicano Gustavo Muñoz que ha fabricado un páncreas artificial con dos dispositivos que ya están en el mercado y un microprocesador programado por él mismo. En total, dos años de búsqueda, uno de desarrollo y 250 dólares de su bolsillo. El proyecto comenzó con un sistema de alarmas para despertarlo de noche en caso de no poder escuchar la señal de su sensor continuo de glucosa o CGM (Monitorización Continua de Glucosa, por sus siglas en inglés), un aparato que se implanta bajo la piel y avisa al portador de los cambios en sus niveles de azúcar (Muñoz, s.f.).

Para la realización de su páncreas artificial y después de meses de investigación, en una de sus búsquedas por internet descubrió el trabajo de Ben

West quien había publicado su trabajo en GitHub, sobre sus experimentos con su bomba de insulina y OpenAPS (Open Artificial Pancreas System). El mexicano adaptó sus herramientas y como resultado de su proyecto nació el simPancreas (Muñoz, s.f.). El páncreas artificial necesita de tres elementos: un sensor para medir los niveles de glucosa y el mencionado sensor se implanta bajo la piel y, como segundo elemento se necesita de un dispositivo que inyecte insulina a través de un catéter, y lo más importante de un “cerebro” que detecte la glucemia e indique a la bomba de insulina la cantidad a inyectar.

También hay algunos sistemas que se han desarrollado por algunas empresas dedicadas al desarrollo de soluciones y servicios médicos para mejorar la salud y vida de las personas, tal es el caso de Medtronic. Medtronic utilizó un nuevo sensor llamado Guardian 3 (la parte del sistema que se inserta justo debajo de la piel). Un algoritmo incorporado, llamado SmartGuard HCL, ayuda a garantizar que no habrá picos de glucosa. Este algoritmo permite un mejor manejo de la diabetes con una menor dependencia del usuario, al tiempo que proporciona una automatización inteligente. Todo depende de las necesidades de manejo del paciente.

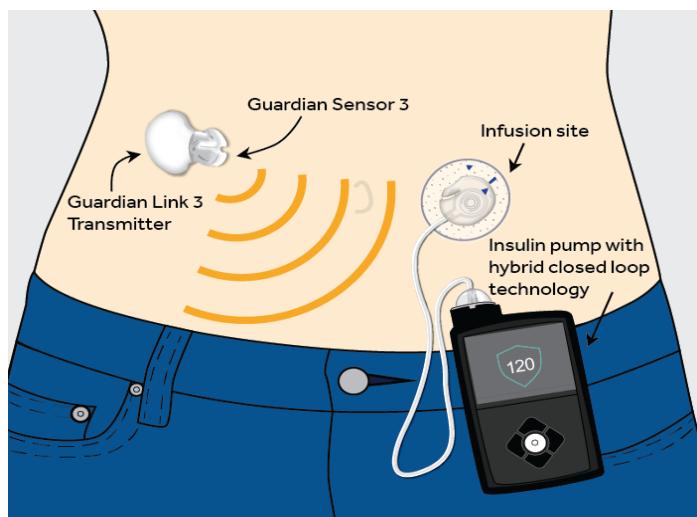


Figura 65. Páncreas artificial Medtronic

Fuente: Sarkisov, 2018

## Propuesta de trabajo

Al ser la diabetes una de las ENT de mayor prevalencia en el Estado de Durango se plantea la siguiente propuesta, la implementación de un programa apoyado por la UNEME para el desarrollo de un páncreas artificial, contando con la participación de un equipo multidisciplinario conformado por médicos especialista, nutricionista e ingenieros, para que puedan aportar sus conocimientos en el desarrollo del mismo.

El área de oportunidad de esta propuesta es el desarrollo de un páncreas artificial para el monitoreo apoyado por las tecnologías que brindan el IoT, para el seguimiento de pacientes con diabetes tipo 1, para así brindar una ayuda rápida y un tratamiento oportuno.

### Procedimiento

- Se realizará la revisión de literatura la cual deberá mantenerse durante todo el desarrollo del proyecto.
- Selección del equipo multidisciplinario (endocrinólogos, nutriólogos, ingenieros) que formarán parte del equipo, así como sus responsabilidades y roles, la comunicación es la clave en esta etapa. Se realizarán reuniones de contacto con todo el equipo, en la que se informará de los objetivos del proyecto para aceptar un compromiso entre todos, tanto interesados externos como el propio equipo de trabajo de la institución. Se definirá el alcance y la descripción del objetivo que se persigue para transmitir de manera fácil y directa la información necesaria a todo el equipo para poder empezar a construir el proyecto, se calendarizan y se da forma a las etapas de este.
- Adquisición de las herramientas para la elaboración del páncreas artificial las cuales son: sensor de monitorización continua de glucosa (CGM por sus siglas en inglés), Smartphone, bomba de infusión de insulina.
- Análisis y diseño e implementación del software (algoritmo de control) que permitirá determinar la cantidad de insulina que debe infundir la bomba de

insulina en cada momento, en respuesta a los datos enviados por el sensor, así como la plataforma para que el médico pueda monitorear al paciente.

Para el desarrollo del Páncreas se propone utilizar una Metodología basada en iteraciones que permite liberar pequeñas versiones del software, cooperativa pues el paciente trabaja con el desarrollador, fácil de seguir la metodología es sencilla y fácil de aprender, así como adaptable siendo posible de realizar cambios de último momento.

El ciclo de iteraciones en la metodología permitirá una retroalimentación por parte del paciente, derivando en ajustes al software dando como resultado cálculos más precisos en la infusión de la insulina. Ver la figura 66.

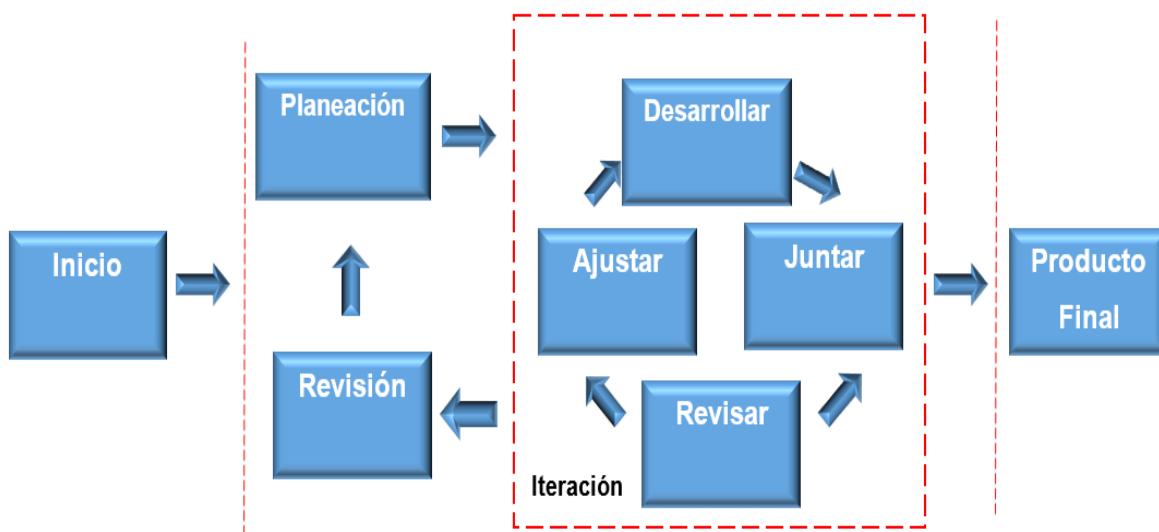


Figura 66. Metodología algoritmo de control

Fuente: Elaboración propia

- Desarrollo de producto esta etapa implica la ingeniería inversa puesto que se utilizarán tecnologías ya existentes mencionadas anteriormente (sensor, Smartphone y bomba de insulina).
- Se ejecutará fase de pruebas clínicas con grupos de control definido por los médicos especialistas para monitorear el funcionamiento del páncreas artificial.

Se implementará la tecnología basada en IoT del páncreas artificial a los pacientes de acuerdo con los parámetros establecidos por los médicos especialistas de la institución. En la figura 67 se muestra la metodología utilizada.

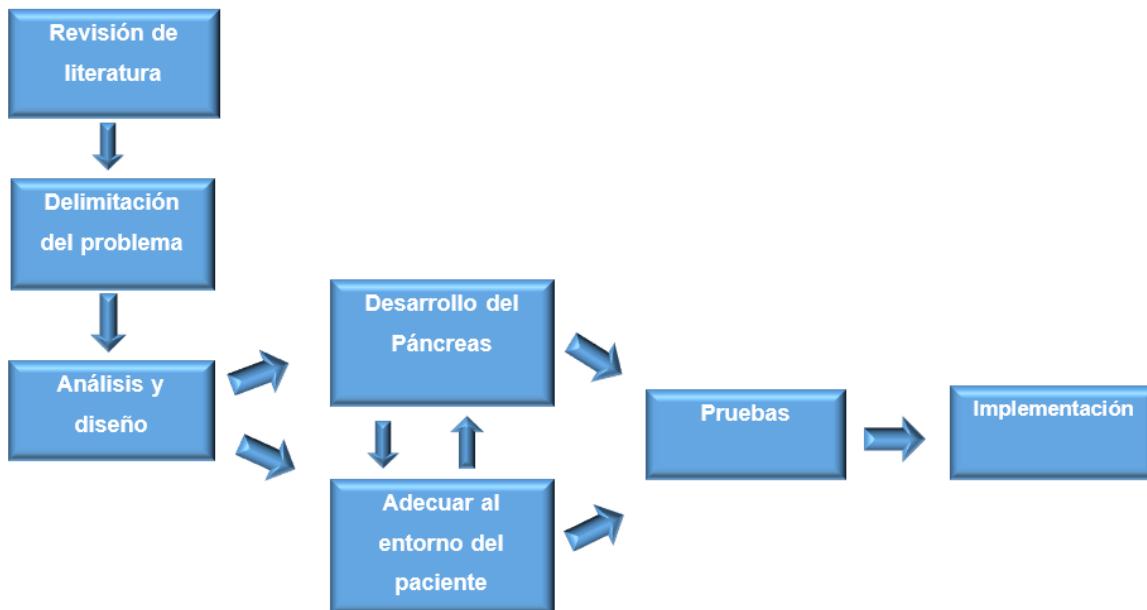


Figura 67. Metodología empleada en la propuesta

Fuente: Elaboración propia

## Tecnologías, recursos entre otros a utilizar

1. Sensor subcutáneo que se encarga de realizar las mediciones de azúcar en sangre.
2. Un Smartphone que se encarga de recopilar los datos y gestionarlos además de realizar las funciones de interfaz de usuario.
3. Bomba de insulina cuya función es la de inyectar infusiones de insulina al tejido muscular del paciente. Debido a que este actuador se encuentra conectado de manera permanente con el organismo del paciente, permite realizar un control más preciso de la diabetes respecto del caso de inyecciones manuales.

Dentro de las principales funciones definidas para el prototipo del páncreas se encuentra: colocar el sensor subcutáneo, el cual se encarga de realizar las mediciones de azúcar en sangre enviando esa lectura al Smartphone a través de bluetooth; el cual contiene el algoritmo de control que realizará los cálculos precisos para la infusión de la insulina a través del actuador que es la bomba de insulina, siendo administrada mediante un catéter infusor. En la figura 68, se muestra el funcionamiento de un páncreas artificial.



Figura 68. Funcionamiento páncreas artificial

Fuente: (Márquez, 2019)

El sistema de Páncreas artificial presenta varias ventajas respecto a la forma habitual de controlar la diabetes y se mencionan a continuación:

- Al tener un sensor que realiza las mediciones de manera constante, no es necesario realizar pinchazos para medir la glucosa.
- Se inyecta la cantidad necesaria de insulina de forma autónoma, gracias al sensor y al algoritmo que calcula la dosis en función de las necesidades del paciente o usuario.

- Control más exhaustivo del nivel de glucosa en sangre. Al realizar mediciones constantes, se evitarían las hiper y las hipoglucemias.
- Mayor libertad para las personas que padecen diabetes al no tener que hacer mediciones e inyectarse, es decir, existe una automatización del proceso.
- Al incluir tecnología móvil y conexión a la red, los datos que el sensor va obteniendo quedarán almacenados en la aplicación que gestiona el sistema, y estos podrían ser enviados de forma periódica al médico especialista para que le dé un seguimiento más personalizado y puntual.

Aunque el objetivo de curar la diabetes todavía está muy lejos, los esfuerzos que se están realizando van centrados en facilitar al máximo la vida de las personas que padecen esta enfermedad. El páncreas artificial tiene como objetivo de dotar a sus usuarios de una libertad e independencia que al momento no ha conseguido ningún otro sistema.

## Conclusiones

Este trabajo presenta soluciones para el monitoreo de pacientes crónicos fuera de una institución de salud a través del uso de sensores que dan seguimiento a las patologías que atentan contra la salud pública de la sociedad.

La diabetes en México es un grave problema de salud al igual que en el Estado de Durango y se ha demostrado exitosamente que el seguimiento remoto de pacientes crónicos previene riesgos mayores.

Monitorear activamente los estados de salud de pacientes crónicos, en especial a los que padecen diabetes para evitar complicaciones y así mejorar la calidad y expectativa de vida.

Con la visión de investigar lo que el IoT aplicado a la salud ofrece a los enfermos crónicos en especial a los diabéticos en el presente trabajo se mostraron una serie de tecnologías con las que se pretende:

Para mejorar la calidad de vida del paciente diabético tipo I, insulinodependiente una de las opciones que presenta el IoT es la bomba de infusión de insulina, y mejor aún un páncreas artificial.

Si se tiene un paciente con pie diabético una buena opción son los vendajes inteligentes, pero para evitar precisamente estas complicaciones el IoT brinda una plantilla inteligente que permite conocer las condiciones de pie, para así mantenerlo en estado de salud óptimo.

El alto índice de personas diabéticas en el Estado de Durango indica que al menos un miembro por familia padece esta enfermedad y que la información aquí vertida es de gran utilidad de un amplio panorama de posibilidades con las que se mejora indiscutiblemente la calidad de vida de un paciente diabético.

Siendo el Instituto Tecnológico de Durango una institución comprometida con la sociedad es bueno integrarse a equipos multidisciplinarios sobre todo en el área de la salud para aplicar los conocimientos adquiridos en beneficio de mejorar la calidad de vida por ejemplo de los pacientes crónicos que ocupan los primeros lugares en índices de mortalidad.

Que en el Instituto motive a los alumnos a crear herramientas que ayuden en el control y mejoramiento de la salud de pacientes crónicos, como crear aplicaciones, y las plataformas para que los datos médicos se concentren en grandes bases de datos que permitan hacer proyecciones, predicciones para una asertiva toma de decisiones. Involucrarse más en desarrollar herramientas para mejorar la salud. Crear un páncreas artificial que esté al alcance de un mayor número de personas, ya que el comercial patentado por un laboratorio medico tiene un costo muy elevado que lo hace inalcanzable para el bolsillo del común de la población.

Definitivamente el IoT brinda grandes beneficios en el área de la salud, y es muy grato haber hecho esta recopilación que da una visión amplia de todo un mundo de posibilidades que el IoT ofrece y permite crear a partir de programas de código abierto en beneficio de una comunidad.

Se logró apreciar que el paciente ya no solo es un espectador en lo que respecta a su padecimiento sino que puede tomar acción para tener una autonomía consciente de su vida por medio de las herramientas del IoT que además de utilizar sensores, controladores y actuadores, hace uso también de la comunidad de código abierto siendo esta una plataforma colaborativa de apoyo y ayuda para aquellos que van en búsqueda de una mejora para la enfermedad que padecen; en este caso diabetes tipo 1 la cual ha sobrevenido sobre ellos, para algunos desde su niñez u adolescencia y que los grandes laboratorios o emporios de productos médicos no han podido dar respuesta a sus necesidades, teniendo ellos mismos que emprender acciones y ser no solo espectadores sino hacedores de su propio destino.

Los grandes avances en el área de las telecomunicaciones y la información, un mundo interconectado, la creación de ciudades inteligentes, hogares inteligentes, pero ¿de qué sirve sin salud?. Es por eso necesario crear conciencia y hacer uso de todo lo que hoy en día brinda el IoT para mejorar la salud y por consiguiente mejorar la calidad de vida.

## Referencias

- Víbora, P. I. B. (2017). El páncreas artificial. Diabetes Práctica. Actualización y habilidades en Atención Primaria, 8(4), 145-192. Recuperado de: [http://www.diabetespractica.com/files/1516095242.02\\_revision\\_dp-8-4.pdf](http://www.diabetespractica.com/files/1516095242.02_revision_dp-8-4.pdf)
- Betancur, L. (2011). Redes de área corporal. Una perspectiva al futuro desde la investigación. Revista Sistemas y Telemática. Vol.9. No.16, 11-30.
- Busra, U. S., y Rahman, M. Z. (2014). Mobile phone based telemedicine service for rural Bangladesh: ECG. In *16th Int'l Conf. Computer and Information Technology* (pp. 203-208). IEEE.
- Bresnick, J. (2015). Predictive Analytics, Twitter Big Data Forecast Asthma ED Use. Health IT Analytic. Xtelligent Health-Care Media. Recuperado de:

<https://healthitanalytics.com/news/predictive-analytics-twitter-big-data-forecast-asthma-ed-use>

CENETEC. (2019). *Telemedicina*. Observatorio de Telesalud. Recuperado de: <https://cenetec-difusion.com/observatoriotelesalud/2018/03/09/que-es-la-telemedicina/>

CENETEC. (2011). Tecnologías en salud volumen 3 Telemedicina, Secretaría de Salud Subsecretaría de Innovación y Calidad Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. Secretaría de Salud, Serie: Tecnologías En Salud Volumen 3, Telemedicina Segunda edición, 2011. Recuperado de <http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/telemedicina/publicaciones/Volumen32daEdicion.pdf>

CIAD (2020). La pandemia de diabetes en México. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo CIAD. Recuperado de: <https://www.ciad.mx/notas/item/2450-la-pandemia-de-diabetes-en-mexico>

De la Cruz, C. F., y Condori, C. A. (2019), Modelo de telemedicina soportado por smart glasses para centros de salud en el Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, doi: <https://doi.org/10.19083/tesis/625507>

DIYPS. (s.f.). Do-It-Yourself Pancreas System. Dana Lewis. Recuperado de: <https://diyps.org/about/dana-lewis/>

Endomédica (2019). Sistemas de Cápsula Endoscópica. Recuperado de: <https://www.endomedica.com/pillcam-colon>

Federación Mexicana de Diabetes AC. (2018). *Estadísticas en México*. Recuperado de: <http://fmdiabetes.org/estadisticas-en-mexico/>

Fernández, M. J, Hernández, M. R. (2010). Telemedicina: futuro o presente. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 9(1), Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2010000100017&lng=es&tLng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2010000100017&lng=es&tLng=es).

Gobierno de Estado de Durango. (2018). *Atención integral y personalizada a través de UNEME: SSD*. Obtenido de <http://www.durango.gob.mx/atencion-integral-y-personalizada-a-traves-de-uneme-ssd/>

Jimenez N. M. T. (2018). Internet de las Cosas Médicas. Recuperado de <https://u-gob.com/internet-de-las-cosas-medicas/>

Lastra, G. (2018). Al año aumenta 5% los casos de diabetes en Durango. Milenio. Recuperado de: <https://www.milenio.com/salud/ano-aumenta-5-casos-diabetes-durango>

Márquez E. (2019). ¿Cómo funciona el páncreas artificial creado por argentinos?. La opinión digital. Recuperado de <https://laopinion-digital.com/ultimas-noticias/como-funciona-el-pancreas-artificial-creado-por-argentinos/16-05-2019>

Sarkisov.Y. (2018). Medtronic's MiniMed 670G Hybrid Closed Loop Automated Insulin System Receives CE Mark. Medgadget. Recuperado de: <https://www.medgadget.com/2018/06/medtronics-minimed-670g-hybrid-closed-loop-automated-insulin-delivery-system-receives-ce-mark.html>

Moncada, S. L., Espinoza, V. A., y Salido R. R. (2017). Aplicación móvil basada en Internet de las Cosas. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica (SOMIB). Recuperado de <http://memorias.somib.org.mx/index.php/memorias/article/view/293>

Muñoz. (s.f.). simPancreas, mi proyecto de páncreas artificial. Gustavo Muñoz. Recuperado de: <https://bustavo.com/simpancreas-mi-proyecto-de-pancreas-artificial>

Nacionfarma (2018). Telesalud en México: avances y casos de éxito en el sector público y privado. Recuperado de <https://nacionfarma.com/telesalud-en-mexico-avances-y-casos-de-exito-en-el-sector-publico-y-privado/>

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Enfermedades Crónicas*. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de:  
[https://www.who.int/topics/chronic\\_diseases/es/](https://www.who.int/topics/chronic_diseases/es/)

Pérez. D. (2018). Los vendajes inteligentes que administran medicamentos son una realidad. Tecnonucleous, página Web sobre tecnología. Recuperado de:  
<https://tecnonucleous.com/2018/07/10/vendajes-inteligentes/>

Pérez C. S. y Pascual C. M. (2018). *IoT una nueva revolución en sanidad*. I+S Revista de la sociedad española de informática y salud. (129), 6-6. Recuperado de: <http://www.clubgertech.com/wp-content/uploads/2018/06/is-IoT.pdf>

Proteus (2019). Proteus Digital Health. Recuperado de: <https://www.proteus.com/>

Rodriguez, A. (2019). *Conoce que es la interoperabilidad del IoT*. Recuperado de:  
<https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/interoperabilidad-del-iot>

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). La Internet de las cosas- Una breve reseña. Internet Society, (ISOC). Ed.

Rouse, M. (2017). *IoMT (internet de las cosas médicas) o IoT de salud*. Recuperado de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/IoMT-internet-de-las-cosas-medicas-o-IoT-de-salud>

Saludiario (2017). 3 especialidades a la vanguardia de la telemedicina. [Figura]. Recuperado de: <https://www.saludiario.com/3-especialidades-que-se-encuentran-a-la-vanguardia-de-la-telemedicina/>

Sanmartín, M. P., Ávila H. K., Vilora, N. C., y Jabba, M. D. (2016). *Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar*. Revista Salud Uninorte, 32(2), 337-351. Recuperado de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/7580/9824>

Schulckin, J. (2018). Infobae. la plantilla inteligente para evitar amputaciones en personas con diabetes. Recuperado de:

<https://www.infobae.com/tendencias/innovacion/2018/11/21/ebers-la-plantilla-inteligente-para-evitar-amputaciones-en-personas-con-diabetes/>

Soriano, T. O., y Martín, L. L. (2010). *Telemedicina: ¿futuro o presente?*. Revista Habanera de Ciencias Médicas: Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2010000100017](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2010000100017)

Telemedicinaweb. (2016). Beneficios de la telemedicina. Recuperado de: <https://telemedicinaweb.wordpress.com/>

Trimaker. (2018). Plantillas para la prevención de úlceras diabéticas impresas en 3D. Recuperado de: <https://trimaker.com/plantillas-para-la-prevencion-de-ulceras-diabeticas-impresas-en-3d/>

Vega, R., Reynolds, J., Aroca, G., y Méndez, F. (2010). Sistemas de Vigilancia Cardíaca a Través de Telefonía Móvil. Cuarto Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 4CIIIE. Corporación Instituto Tecnológico Iberoamericano de la Informática.

WHO (2010). World Health Organization. *Telemedicine: opportunities and developments in member states. Report on the second global survey on eHealth*. World Health Organization. Recuperado de [https://www.who.int/goe/publications/goe\\_telemedicine\\_2010.pdf](https://www.who.int/goe/publications/goe_telemedicine_2010.pdf)

## Capítulo 6. Implementación del internet de las cosas para optimizar procesos en aeropuertos

**L.I. Nasby Lisset Carrete Vargas**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango  
[00041218@itdurango.edu.mx](mailto:00041218@itdurango.edu.mx)

**L.I. Jeorgina Calzada Terrones**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango  
[jcalzada@itdurango.edu.mx](mailto:jcalzada@itdurango.edu.mx)

**M.C. Carlos Eduardo Meraz Castro**

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango  
[cemeraz@itdurango.edu.mx](mailto:cemeraz@itdurango.edu.mx)

### Introducción

En cuanto a aviación se trata, la pérdida, demora o envío de equipaje a otro lugar es muy común. Por lo que los beneficios para la industria aeroportuaria en cuanto a la generación de proyectos basados en Internet de las Cosas orientada al rastreo de equipajes son considerables.

Gracias a las nuevas tecnologías, ha surgido la necesidad de innovar e implementar nuevos sistemas para que las empresas de Aero aviación puedan posicionarse como líderes. Debido al constante incremento de vuelos, competencia y pasajeros a nivel República Mexicana, las aerolíneas se han visto vulnerable en cuanto a demora y pérdida de equipajes, ocasionado una mala imagen en el servicio que se brinda a los clientes y generando gastos adicionales.

Gracias a la implementación del Internet de las cosas en aeropuertos, se podrá mejorar e incluso reducir un gran porcentaje en las demoras en las entregas de equipaje, así como las pérdidas de equipaje.

Con el empleo del Internet de las cosas la experiencia puede cambiar y mejorar significativamente. La tecnología conectada puede ayudar a reducir los tiempos de espera, aumentar la seguridad y sobre todo, brindar a los pasajeros una mejor experiencia de usuario. Debemos considerar que las tecnologías necesarias para hacerlo ya están aquí, incluso aunque aún no hayan sido adoptadas por los aeropuertos.

En el caso de los pasajeros, las principales mejoras estarán relacionadas con opciones de personalización de servicios difícilmente concebibles hoy en día gracias al uso masivo de los Smartphones. El concepto clave para comprender la integración del Internet de las cosas en los aeropuertos es la geolocalización.

El aeropuerto será capaz de localizar en todo momento al pasajero y al equipaje, y por lo tanto éste se beneficiará de un sistema de información personalizado difícil de imaginar en la actualidad, además podrá recibir la información relacionada con abordaje en su teléfono inteligente. No sólo el número de puerta, sino también los tiempos de espera previstos para acceder a su asiento o el tiempo previsto de traslado por la terminal hasta llegar a su puerta de abordaje, así como también saber la ubicación del equipaje documentado.

Se realiza una propuesta que reduzca significativamente los costos por compensaciones a los clientes, así como las constantes pérdidas de equipajes utilizando la tecnología RFID en cada equipaje documentado, cuya función es, desde un inicio, no permitir que un equipaje sea enviado a otro destino ya que mandará una alerta en tiempo real para que éste sea reacomodado, además de indicar a cada pasajero la ruta de su equipaje e indicar el número de carrusel al cual deberá recoger su maleta en la comodidad de su teléfono inteligente.

Con un proyecto de Internet de las cosas enfocado en la implementación de etiquetas con un chip RFID, se llevará a cabo el rastreo de las maletas habilitando el mismo con la tecnología de identificación de radio frecuencia para brindar tranquilidad a los clientes y que ellos siempre sepan en donde están sus maletas, y de esta manera, generar un mayor seguimiento y más transparencia, brindando a los clientes el servicio de notificaciones sobre el recorrido de sus equipajes.

Para el futuro de la aviación y su uso cotidiano es indispensable implementar esta nueva tecnología la cual contribuirá a mejorar la seguridad, calidad, modernidad, confiabilidad y eficiencia en la infraestructura y en los servicios que prestan las aerolíneas.

El desarrollo de nuevos y avanzados sistemas para la gestión de vuelos ha forjado intereses de las aerolíneas por considerar que sus procesos puedan ser modificados para mejorar su eficacia operativa. En tiempos económicos difíciles, las compañías aéreas están buscando formas para añadir valor tecnológico y extender la vida útil de sus servicios, lo cual se traduce en ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo; además de proporcionar a los usuarios de los aeropuertos una experiencia de paso por las instalaciones sin estrés y satisfactoria mediante procesos eficientes apoyándose en las nuevas tecnologías (Vilarasau, 2018).

## Objetivo general

Diseñar propuesta de implementación de tecnologías de Internet de las cosas en aeropuertos con tecnología RFID en los equipajes de los clientes, para el rastreo en tiempo real de maletas, que permita disminuir la pérdida y demora en su entrega, así como reducir el gasto de las aerolíneas por concepto de compensaciones.

## Objetivos específicos

1. Analizar las etapas del servicio para identificar donde serán implementadas las mejoras.
2. Analizar la infraestructura actual para definir lo que se requerirá para el desarrollo de la propuesta.
3. Definir las estrategias y tecnologías que se realizarán para el seguimiento en tiempo real de las maletas.
4. Analizar las etapas del servicio donde se darán a conocer las alertas a los clientes.
5. Definir prototipo de aplicación móvil para alertas a los usuarios

## 6. Definir prototipo de aplicación para las estaciones en aeropuertos.

### Marco Teórico

#### Internet de las cosas

Básicamente el Internet de las cosas (IdC) se refiere a conectar lo que no está conectado. Se trata de la primera evolución real del Internet, expandiéndose a lugares que hace unos años eran inalcanzables. Por ejemplo, medicamentos ingeribles que ayudan a diagnosticar y determinar las causas de algunas enfermedades (Evans, 2011).

Cisco IBSG determinó que el IdC “nació” entre los años 2008 y 2009. Durante ese periodo se estimó que hay más dispositivos que personas conectadas a Internet, ocasionado en gran medida por el crecimiento de los smartphones y las Tablet. En la figura 69, se muestra la fecha estimada del nacimiento de IdC.

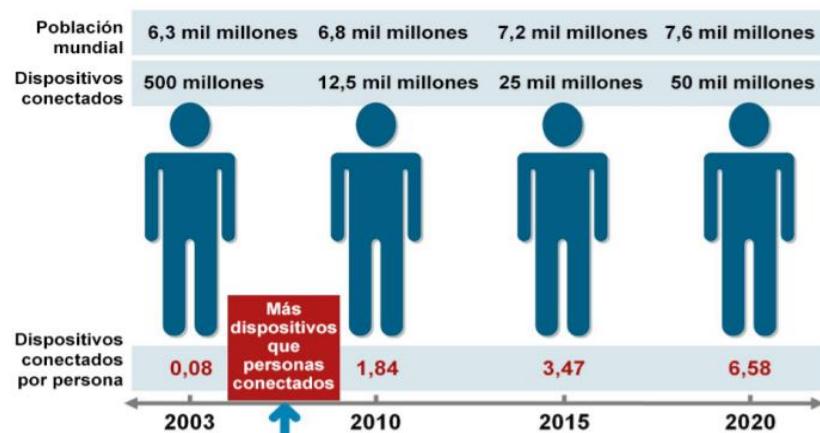


Figura 69. Nacimiento de internet de las cosas

Fuente: (Evans, 2011)

Como parte de IdC, Cisco identifica 4 pilares: Personas, procesos, datos y objetos como se observa en la figura 70. El IdC es la conexión en red de estos pilares, dando lugar a que la información de estas conexiones genere acciones y decisiones que crean nuevas capacidades, experiencias más valiosas y nuevas

oportunidades de negocios para personas, empresas y países (Netacad, 2019).

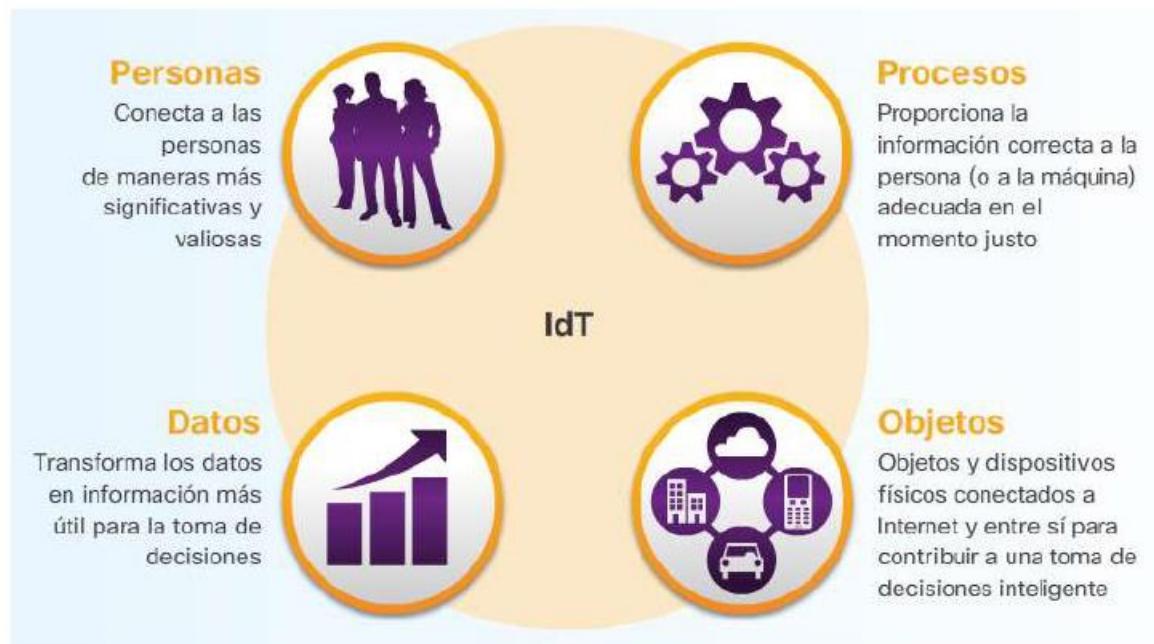


Figura 70. Pilares del IdC

Fuente: (Netacad, 2019)

## Pilares del IdC

- **Las personas.** Actúan como consumidores y productores en cualquier sistema económico. De igual forma, se conectan en forma social a través de los dispositivos con conexión a Internet, generando y consumiendo datos.
- **Los Objetos.** Consisten en dispositivos tradicionales de cómputo como computadoras de escritorio (PC), computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, tabletas, servidores. Además de estos objetos tradicionales, existen otros que anteriormente no se conectaban y entre ellos podemos mencionar sensores, microondas, sistemas de iluminación, control de temperatura, vehículos, entre otros. Son objetos físicos conectados a Internet y conectados entre sí (Netacad, 2019).
- **Los datos.** Los datos son generados por las personas, los procesos y los objetos. Sin embargo, los datos por sí solos no tienen ningún significado. Los

datos se deben interpretar para darle algún sentido y sirvan para la toma de decisiones. Se puede dar valor agregado cuando los datos se analizan a profundidad mediante correlaciones, regresiones, etc. Los datos pueden ser estructurados (Contiene estructuras fijas); Datos no estructurados (Datos que carecen de una organización o estructura bien definida).

- **Procesos.** Desempeñan una función fundamental en el contexto de IdC. Facilitan las interacciones entre las personas, los objetos y los datos. Por ejemplo, facilitan la manera en que las empresas administran su cadena de suministro, la forman en que realizan sus operaciones de logística, entre otros. Con los procesos adecuados se proporciona valor agregado (Netacad, 2019).

Como se mencionó anteriormente, los datos por si solos no son de gran utilidad, sino que es a través del análisis de estos que se puede obtener tendencias y patrones para obtener un conocimiento. El conocimiento es la información de la que alguien es consciente, y es a través de este conocimiento y en base a la experiencia que surge la sabiduría (Evans, 2011). En la figura 71, se puede ver el beneficio del análisis y la transformación de los datos en sabiduría.



Figura 71. Transformación de datos en sabiduría

Fuente: (Evans, 2011)

## Tecnologías inalámbricas

La comunicación a través de la red se transmite por un medio, como un cable o por aire. El medio facilita la comunicación de origen a destino. La codificación de la señal que se debe realizar para que se transmita el mensaje es diferente para cada tipo de medio. En IdC es muy importante contar con diferentes alternativas de comunicaciones inalámbricas, sobre todo conexiones de bajo consumo, el alcance y el costo. Existen diversos tipos de comunicación inalámbrica. Los tipos más comunes de comunicación inalámbrica son Wi-Fi, telefonía móvil, Bluetooth y transmisión de datos en proximidad (Near Field Communication NFC, por sus siglas en inglés). Algunos dispositivos terminales como los smartphones y las tabletas utilizan una combinación de tecnologías de comunicación inalámbrica para conectarse a diferentes dispositivos. (Tanenbaum, 2003).

### NFC

La tecnología NFC ofrece nuevas funcionalidades a la tecnología RFID propiamente dicha, gracias a la combinación de una etiqueta y un lector RFID en un mismo dispositivo, facilitando la comunicación bidireccional entre dos dispositivos, lo que resulta que un mismo dispositivo pueda actuar como emisor y como receptor.

NFC permite interacciones simples y seguras en dos sentidos (punto a punto) entre dispositivos electrónicos siempre y cuando se encuentren a una distancia de pocos milímetros. Entre las aplicaciones NFC se incluyen las transacciones sin contacto, el intercambio de datos y la configuración simplificada de tecnologías más complejas como WLAN/Wi-Fi.

A medida que crezca el número de teléfonos celulares y tabletas equipadas con tecnología NFC, el mercado experimentará el aumento de aplicaciones como pagos móviles, emisión de tickets, control de acceso, uso compartido de datos y otros servicios.

Para las tecnologías NFC y RFID el alcance es fundamentalmente la principal diferencia entre ellas. Por describir, en NFC el alcance es tan reducido que es

necesario que los dispositivos que van a interaccionar se encuentren en contacto por lo menos durante un instante.

Una de las ventajas de la tecnología NFC, es que se puede desplegar fácilmente para la adaptación en masa, además de tener un sin número de maneras diferentes para ser usado. Es importante señalar que NFC está basado en RFID, mismo que es compatible con un amplio número de sistemas (Sánchez, 2009).

### **RFID**

El RFID se basa en la transmisión de datos por campos magnéticos, son tres los elementos con los cuales se encuentra conformado por: Las etiquetas RFID, un lector y una base de datos (San José y Pastor, 2015).

El funcionamiento de esta tecnología se puede describir de la siguiente manera: el lector mantiene a disposición una antena que emite, por medio del aire, una serie de señales electromagnéticas a una determinada frecuencia. Cuando una etiqueta recibe la señal, se activa y responde con otra señal con la información codificada contenida dentro de ella. Por último, la señal que se emitió por la tarjeta es recibida por la antena y es guardada en la base de datos. En la figura 72, se describe el funcionamiento de RFID.

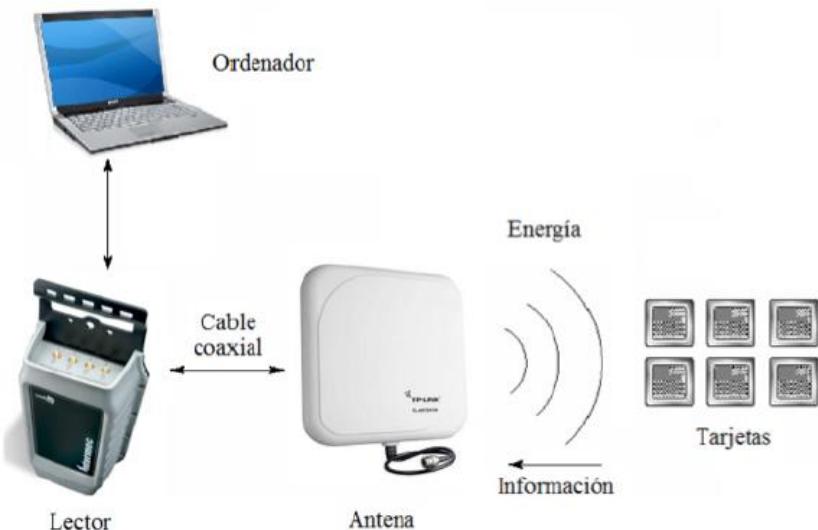


Figura 72. Funcionamiento RFID

Fuente: (San José y Pastor, 2015)

Las etiquetas RFID son unos pequeños dispositivos que pueden llegar a ser incorporados en algún tipo de producto e incluso a un ser vivo. Están compuestos por una antena, un chip y en algunas ocasiones por elementos de almacenamiento de energía. El funcionamiento de la antena permite que el chip responda a la señal que emite el lector RFID. El mencionado chip contiene una memoria interna que se utiliza para el almacenamiento de los números de identificación de cada producto.

Las etiquetas RFID pueden clasificarse dependiendo si llevan o no fuente de energía incorporada. A continuación, se describen los diferentes tipos:

- **Etiquetas activas.** Estas etiquetas tienen incorporada una fuente de energía, que permite amplios rangos de lectura completamente confiable, además de tener memorias de hasta 128Kb y una distancia de lectura que puede llegar a los 100 metros. En la figura 73, se muestra un ejemplo de etiqueta activa RFID.

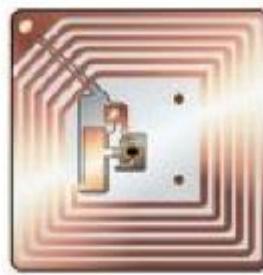


Figura 73. Etiqueta activa RFID

Fuente: (San José y Pastor, 2015)

- **Etiquetas pasivas.** Estas etiquetas no poseen algún tipo de fuente de energía, las tarjetas están diseñadas para permitir una distancia de lectura de unos 6 metros aproximadamente, son más económicas que las anteriores y pueden llegar a almacenar hasta 2Kb. En la figura 74, se muestra un ejemplo de etiqueta pasiva RFID.



Figura 74. Etiqueta pasiva RFID

Fuente: (San José y Pastor, 2015)

Los lectores RFID son los dispositivos electrónicos que tienen la labor de emitir y recibir las señales de radio a través de las antenas que llevan acopladas (San José y Pastor, 2015).

Por otra parte, la implementación de tecnologías RFID y de Internet de las Cosas para optimizar el proceso de rastreo de equipaje en aeropuertos, se llevará a cabo en la República Mexicana, teniendo como base el Aeropuerto Internacional de Durango “Guadalupe Victoria”. Esto debido a problemas de equipajes extraviados, sobrevolados a otros destinos o demorados.

### Sistema aeroportuario mexicano

El Sistema aeroportuario mexicano está constituido por 1,215 aeródromos, de los cuales 85 son aeropuertos comerciales nacionales e internacionales, y de estos 34 pertenecen a grupos aeroportuarios privados. Aeropuertos y servicios auxiliares participa en la operación directa y/o como co-inversionista en 25 aeropuertos. A continuación, se nombrarán las entidades que lo conforman (Cámara de Diputados, 2019):

- *Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)*. La SCT es la máxima autoridad en el sector comunicaciones y transportes de México, cuya misión es proporcionar al país de sistemas de transportes y de comunicaciones que hagan posible la comunicación de todos los mexicanos y los integre al resto del mundo, apoyados de la innovación tecnológica y promoviendo la creación

de valor agregado y desarrollo económico y social, de manera equilibrada y sostenida, con pleno respeto al medio ambiente.

- *Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC)*. La DGAC es la autoridad Aeronáutica y Aeroportuaria y entre sus principales actividades se encuentra la de inspeccionar y supervisar instalaciones aeroportuarias, aeronaves, personal técnico y aeronáutico y el cumplimiento de las normas y reglamentos. Así mismo, debe Identificar y eliminar actos, actitudes y condiciones que representan riesgos. Adicionalmente es la autoridad encargada de investigar accidentes e incidentes en aeropuertos y aeronaves. También se encarga de coordinar e instrumentar que los sistemas y procedimientos de seguridad estén actualizados y sean operativos y además, debe coordinarse con otras autoridades federales para garantizar la seguridad en vuelos y aeropuertos.
- *Servicios a la Navegación en el espacio Aéreo Mexicano (SENEAM)*. El SENEAM tiene la misión de garantizar el transporte seguro y eficiente de personas y bienes en el espacio aéreo mexicano. Su principal objetivo es proporcionar con calidad los servicios de:
  - Control de tráfico aéreo
  - Radioayudas a la navegación aérea
  - Telecomunicaciones
  - Meteorología
  - Información Aeronáutica

A continuación, se enlistan los Grupos Aeroportuarios Concesionados (cámara de diputados, 2019):

### **Grupos aeroportuarios concesionados**

- **Grupo aeroportuario centro-norte (OMA)**

Opera y administra 13 aeropuertos ubicados en importantes ciudades del País.

- **Grupo aeroportuario del sureste (ASUR)**

Administra y opera 9 aeropuertos en la región sureste de México. El aeropuerto de Cancún, el más importante del grupo ASUR, se ha convertido en un gran distribuidor de vuelos de la zona y por tanto una alternativa para la desconcentración de vuelos del aeropuerto de la Ciudad de México.

- **Grupo aeroportuario del pacifico (GAP)**

Administra, opera y mantiene 12 aeropuertos en las regiones del Pacífico y centro de México.

- **Administradora mexiquense del aeropuerto Internacional de Toluca (AMAIT)**

Es una empresa con participación privada mayoritaria integrada por el gobierno del estado de México.

- **Operadora Estatal de Aeropuertos S.A de C. V. (OEA)**

Es una empresa con participación estatal mayoritaria integrada por el gobierno del estado de Puebla, operadora de aeropuertos internacionales y aeropuertos servicios auxiliares.

- **Aeropuerto internacional de Querétaro**

Permite a los usuarios de esa región tomar vuelos nacionales e internacionales en esa terminal aérea sin la necesidad de trasladarse al aeropuerto de la ciudad de México.

- **Sociedad operadora del aeropuerto internacional “Ángel Albino Corzo” S.A. de C.V.**

Esta nueva terminal tiene un edificio de pasajero a doble nivel de 9,150 metros cuadrados para separar los flujos de llegadas y salidas de pasajeros; cinco

posiciones de contacto con cuatro Aero pasillos fijos para el ascenso y descenso de pasajeros.

## Proceso de documentación Aeroméxico

A continuación, se muestra el procedimiento de documentación, donde todo cliente debe presentar su clave de reserva o itinerario e identificación oficial (Aeroméxico, 2021).

### Documentación de un vuelo nacional:

1. Editar vuelo y apellido del cliente en el campo By Last Name, dejando seleccionado el botón By Name. Pulsar Ok.
2. El sistema confirmará la documentación del cliente y equipaje emitiendo el pase de abordar y etiquetas de equipaje.

### Documentación de clientes en vuelos Internacionales:

1. Editar vuelo y apellido del cliente en el campo By Last Name, dejando seleccionado el botón By Name. Pulsar Ok.
2. Desde la pantalla Passenger List, seleccionar el nombre del cliente y pulsar el botón Travel Docs.
3. El sistema envía una pantalla Travel Documents en la cual se deberá deslizar el pasaporte y pulsar Ok. Una vez que el lector de pasaportes lo lee, el sistema envía el siguiente mensaje: Passport Data Changed please Click Ok to proceed with changes. Para destinos en EE.UU. editar las opciones Add Residence y Add Destination, editando los campos marcados con asterisco en rojo. Si el cliente lo desea llenar los campos de Passenger Contact con los datos de una persona de contacto.
4. Para validar los documentos necesarios que solicita el país de destino es necesario pulsar el botón Apply.

5. Una vez que el sistema reconoce la información, en lado izquierdo de la pantalla envía mensajes con las cuales nos indica que si es necesario validar un documento adicional que lleve consigo el cliente. Por ejemplo, si el país de destino requiere una visa para la nacionalidad del cliente.
6. Es posible editar la información de visa en el campo que se habilita como Other Document dejando esta información en este campo o bien si es una visa de turista (Visa a la Havana) pulsar la opción Visa (s) Verified.
7. Una vez que el sistema Timatic Auto Check envía la respuesta Ok to Board, pulsar el botón back para finalizar el Check In.
8. Seleccionar al cliente y pulsar Check In, en la pantalla Aditional Options ingresar equipaje y género del cliente para concluir la documentación.

### Programa TSA PreCheck – vuelos hacia y desde EE.UU.

- Si el cliente cuenta con un número de viajero conocido (KNOWN TRAVELER), se deberá ingresar de forma manual al activar la opción, Other Document editando los campos marcados con asterisco en rojo.
- Type Known Traveler Number - el indicado por el cliente.

### Tipos de documentación

Informar los tiempos en que nuestros clientes son documentados a través de cualquier medio electrónico (Aeroméxico, 2021).

### Web check in

La emisión o envío por correo electrónico de pases de abordar se podrá efectuar en mostradores de Aeroméxico, tiendas de viaje, Inplants, y agencias de viajes o ingresando a aeromexico.com.

Durante el proceso de documentación o al final de esta, el ASC deberá realizar el siguiente texto: “Le recuerdo que para su próximo vuelo podrá imprimir su pase de abordar y seleccionar los asientos de su preferencia en aeromexico.com

hasta 48 horas antes para vuelos nacionales o 24 horas antes para vuelos internacionales, así se evita la fila esperando en mostradores" (Aeroméxico, 2021).

**Importante:**

- El objetivo primordial es incentivar el uso de medios electrónicos para documentar clientes.
- El personal de aeropuertos podrá documentar clientes a solicitud, sin aceptar equipaje para documentar, previo al día de la salida del vuelo.

**Mobile Check In**

Informar a los aeropuertos que cuentan con lectores digitales en filtros de seguridad y salas de última espera para el proceso Mobile Check In. GAM (Grupo Aeroméxico) está innovando el servicio de pases de abordar digitales en Smartphone. Los cuáles serán escaneados directamente en filtros de seguridad para su acceso a salas y en salas de abordar acompañados de una identificación oficial (un código por cada cliente y cada segmento) para su abordaje, con el fin de dar un servicio más rápido (Aeroméxico, 2021).

**Desarrollo**

**Seguimiento de maletas en tiempo real**

La implementación global de la tecnología RFID la cual permite rastrear el equipaje de los pasajeros en tiempo real entre puntos clave del viaje, permitirá a la industria aeronáutica un ahorro de millones de dólares. Según la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) ha revelado que al implementar esta tecnología se reducirá el número de errores en el manejo de equipajes hasta en un 25% para el año 2022 (Aerolatinnews, 2016).

El RFID estará dirigido principalmente al seguimiento del manejo correcto de equipaje entre un vuelo y otro, asegurando que los aeropuertos, aerolíneas y operadores de tierra, puedan rastrear en todo momento, el equipaje documentado, cumpliendo así con la resolución de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) la cual hace mandatorio que las aerolíneas tengan un control y seguimiento de cada equipaje desde su origen hasta su destino final; de esta manera se mejorarán los ahorros obtenidos por el uso de esta tecnología inteligente, reduciendo así el número de maletas mal gestionadas hasta en un 50% (Aerolatinnews, 2016).

Delta Airlines ya implementó la tecnología de rastreo de equipaje RFID, ofreciendo a los clientes un rastreo en tiempo real de su equipaje durante el viaje. La tecnología RFID reemplaza al escaneo manual del código de barras (sistema estándar utilizado en la industria desde principios de los 90's). Con esta mejora, los clientes podrán ver sus maletas entrar y salir del avión durante su viaje a través de notificaciones en una aplicación móvil.

Para el caso de las bandas transportadoras se equiparon con un semáforo, en donde los sensores de las bandas encenderán una luz verde cuando la maleta haya sido cargada en el avión correcto, o una luz roja si la maleta está en el lugar correcto, así como se muestra en la figura 75 (Delta, 2016).



Figura 75. Banda transportadora equipada con sensores y semáforo

Fuente: (Delta, 2016)

Entre los beneficios alcanzados, mejorará la experiencia del cliente, ofreciéndole un rastreo más preciso a lo largo del viaje.

### **Despliegue del Internet de las cosas en los aeropuertos**

Un ejemplo latente del uso del Internet de las cosas en la industria aeroportuaria es el aeropuerto de Londres, en el cual se instaló una red de sensores interconectados conectados a un centro de datos central, el cual tenía por objetivo rastrear y analizar el comportamiento de los pasajeros en una serie de puntos de contacto en toda la instalación (Garofalo, 2019).

Dichos sensores, junto con la instalación de cámaras, se utilizaron para controlar el número de pasajeros y el patrón de flujo para tratar de determinar la duración de las diferentes etapas de los viajes y dónde es probable que se produzcan cuellos de botella. Para optimizar el tiempo de respuesta de la aeronave, los sensores se vincularon con GPS, 3G y Wi-Fi y así rastrear la infraestructura del aeropuerto.

Otro beneficio fue una aplicación que utilizó la información del pasajero para ofrecer algunos servicios, como lo son las notificaciones del vuelo. Algunas otras aerolíneas se han apoyado en diferentes sistemas de rastreo en tiempo real para brindar información personalizada sobre horarios de ingreso, ubicaciones de puertas, tiempos de espera, estatus de vuelos, bandas de llegadas. Esto se traduce en menores costos operativos, negocios optimizados, mayores servicios, atención personalizada al cliente y una ventaja competitiva.

En la actualidad, muchos aeropuertos se están volviendo inteligentes en términos de ser más eficientes en sus operaciones, por lo que esta tecnología de monitoreo remoto permite a los aeropuertos asignar sus recursos de una mejor manera y tener ahorros significativos a largo plazo. Los aeropuertos se pueden ver beneficiados con el uso de internet de las cosas. En el día a día de los pasajeros, se enfrentan a situaciones imprescindibles de manera continua: largas colas de puestos de seguridad, controles migratorios, retrasos y cancelaciones, por lo que el uso de la tecnología puede marcar una gran diferencia.

## Imaginando el aeropuerto del futuro

La documentación de equipaje, utilizando el Internet de las Cosas, se aplicará de la siguiente manera: Se pone el equipaje en la báscula, se mide el peso, calcula un total y efectúa el pago. El equipaje se rastrea durante todo el proceso (ya que se controlan mediante una etiqueta inteligente a través de un sensor implementado en la etiqueta automatizada) y puede verificarse a dónde va en cualquier momento (áreas, 2017).

Los sensores le dan una información que puede verificar en su teléfono en cualquier momento. Si se abre la maleta, lo sabrá, y hay etiquetas inteligentes para que pueda rastrear si se eliminaron o fueron sustraídos objetos del equipaje por agentes internos del aeropuerto.

Los pasajeros serán siempre capaces de entrar fácilmente a los servicios que están buscando gracias a un sistema de aplicaciones móviles y pantallas informativas con contenido personalizado, todo ello basado igualmente en los servicios de geolocalización.

Las pantallas informativas del aeropuerto cada vez son más numerosas y muestran mejor la información, pero el cambio que se pretende establecer es recibir todo a través de nuestro teléfono móvil inteligente manteniéndonos informados sobre actualizaciones de nuestro vuelo (áreas, 2017).

Internet de las Cosas es teóricamente perfecto para un aeropuerto. Para los pasajeros, que se enfrentan a la imprevisibilidad en forma de colas de puestos de seguridad y controles migratorios, retrasos y cancelaciones, las actualizaciones periódicas pueden marcar una gran diferencia.

## Propuesta

En este trabajo se presenta una propuesta muy real, actual y confiable, además que se logrará una disminución muy significativa en la pérdida de equipajes, transportación y compensaciones a los clientes, además de sumarle la molestia

causada y la mala imagen a la compañía, así como la gran inversión en el rastreo de un equipaje.

El proyecto de modernización de rastreo de equipaje consistirá en reemplazar el sistema actual de escaneo de códigos de barras, por un sistema de impresoras y sensores RFID. Adicionalmente se desarrollará una aplicación móvil que servirá para rastrear el equipaje en todo momento por parte del cliente. Esta aplicación tendrá capacidad de enviar alertas y notificaciones al pasajero para que esté enterado en todo momento de dónde se encuentra su equipaje.

El chip se encontrará dentro de una etiqueta de papel con un plastificado que le permitirá resistir todo tipo de condiciones climatológicas. Lo interesante de este sistema es que se omite la necesidad de escanear cada etiqueta individualmente para conocer su información y destino, sino que ahora todo se hará por medio de los sensores RFID que ayudarán a que las maletas estén siempre en el lugar correcto, y en caso de algún fallo en el proceso se emitirá una alerta en el momento del fallo y no hasta que el pasajero presenta una reclamación lo cual se traduce en una mejora en el servicio, además de ahorros sustanciales por reclamos de equipaje perdido.

La idea consiste en lograr que el pasajero tenga el proceso más sencillo desde que llega a la terminal hasta que aborda su vuelo (Reportelobby, 2020), y para llevar a cabo la propuesta se llevará a cabo de la siguiente manera:

### **En mostrador de documentación.**

Al momento que el cliente realice su documentación, tanto vía web check in o presencial en mostradores (Véase la figura 76), se realizará el procedimiento usual, el cambio únicamente se verá al momento de imprimirse la etiqueta de equipaje.



Figura 76. Imagen de mostrador en aeropuertos

Fuente: (Reportelobby, 2020)

### Uso de etiquetas automatizadas con el chip RFID

Mediante el uso de etiquetas adheribles con tecnología RFID en el equipaje del pasajero, como las que se muestran en la figura 77, permitirá recopilar la siguiente información:

- **Nombre:** Llevará nombre y apellido del pasajero. Este dato es de suma importancia, ya que sin esto se perdería por completo la ubicación del contacto del equipaje.
- **Dirección:** Este dato también es de importancia para conocer en dado caso de extravío saber a dónde enviarla.
- **Teléfono:** Dato primordial del pasajero para contactarlo en caso de daño o extravío.
- **Correo electrónico:** Este nos puede proporcionar información de vuelos y promociones.
- **País:** Conocer la ubicación del pasajero y poder ofrecerle promociones de su lugar de origen a otros países.
- **Número de vuelo:** Dato proporcionado por la aerolínea para que el cliente sepa el número de vuelo en el que viajará.

- **Ruta:** Destino del pasajero.
- **Fecha:** Día en que se efectúa el vuelo.



Figura 77. Etiqueta RFID

Fuente: (Rodríguez, 2021)

## Impresoras RFID

Una vez pesado el equipaje, el trabajador de la aerolínea colocará lo que se ven como etiquetas automatizadas estándar, aunque cada etiqueta contendrá una etiqueta RFID. En este proyecto y de acuerdo con la investigación realizada se recomienda la impresora de etiquetas RFID mostrada en la imagen 78.



Figura 78. Impresora de etiquetas RFID

Fuente: (Astlix, 2019)

La impresora es la ZD500R de Astlix, se integra fácilmente a cualquier sistema operativo con capacidad de codificar RFID, y es ideal para aplicaciones de etiquetado que requieran ser rastreadas.

Posterior a la impresión de la etiqueta, las maletas en ese mismo momento serán leídas para resguardar la información necesaria. Para la etapa de lectura de las etiquetas RFID, se utilizará un lector AT188 de Astlix como la que se muestra en la figura 79, la cual es ideal para llevar el control de la lectura de etiquetas RFID, y además, está equipada con una memoria interna de 128 KB que permite guardar la información de hasta 10,000 etiquetas, las cuales pueden ser descargados posteriormente a una computadora o teléfono móvil. La razón por la cual se va a utilizar este lector es porque puede enviar información en tiempo real a alguna tableta o Smartphone a través de comunicación Bluetooth o USB.



Figura 79. Lector RFID

Fuente: (Astlix, 2019)

Para realizar este proceso, se le pedirá al cliente que encienda su Bluetooth para que pueda ser enviada la notificación en tiempo real. El proceso de documentación termina en el momento que se le entrega el comprobante con el que podrá recoger su maleta y se le envíe la notificación a su Smartphone como se puede ver en la figura 80.



Figura 80. Aplicación móvil de documentación de equipaje

Fuente: Elaboración propia

## Banda transportadora de equipajes

Una vez que ya se ha documentado la maleta del pasajero, con la misma generación de etiqueta RFID, pasa por la banda transportadora, la cual envía el equipaje hacia el scanner de detección de equipajes proporcionado por el Aeropuerto (este scanner es forzosamente obligatorio para todos y cada uno de los equipajes).

## Filtro de revisión de equipajes

En el filtro de revisión de equipajes se instalarán antenas las cuales son las encargadas de emitir y recibir las ondas que nos permiten detectar los chips RFID. Una vez etiquetado el equipaje, se coloca en la banda transportadora hacia la sala de equipajes.

Una vez realizado el recorrido del equipaje de la banda transportadora a el scanner proporcionado por el Aeropuerto, gracias a la instalación de la antena en la sala de equipajes, se determinará la ubicación de los equipajes y si alguno de ellos llegara a irse por alguna ruta equivocada o fuese olvidado, se mandará una alerta para que los trabajadores generales puedan guiar la maleta a la ruta indicada en la etiqueta RFID, si todo va bien, se envía una notificación al cliente indicándole que su equipaje está próximo a ser abordado en el vuelo correspondiente.

En la figura 81, se da un ejemplo de lo anteriormente mencionado.



Figura 81. Notificación móvil abordaje de equipaje

Fuente: Elaboración propia

## Sala de equipajes

Se instalará una antena de equipajes, los cuales determinarán la ruta que indica la etiqueta RFID para una correcta estiba (el acomodo del equipaje en compartimiento del avión). El sistema utiliza luego la información almacenada en las etiquetas para ordenar el equipaje. Los sistemas RFID de equipaje, almacena información relacionada con la ruta de los vuelos en una base de datos vinculada únicamente al número único de identificación codificado con la etiqueta RFID del equipaje.

## Control de equipajes

Los trabajadores generales se encargarán de registrar, ya no manualmente una por una cada maleta anotando el número de control que asocia al nombre del cliente con su equipaje y el número del vuelo, sino mediante una lectora RFID la cual va a minimizar tiempos, esfuerzo y exactitud al momento de proporcionar el cierre de equipajes al Oficial de Operaciones.

## Estiba

El sistema, mediante la información almacenada en la etiqueta RFID, envía el equipaje dependiendo del destino del pasajero. Desde allí, el equipaje se traslada hasta el avión indicado en su etiqueta para ser cargado en el compartimiento.

## Llegadas de equipajes

En este punto, aun con la tecnología RFID podemos tener ese aprovechamiento, ya que, al tener el seguimiento del equipaje en tiempo real podemos proporcionarle al viajero la opción, desde la comodidad de su dispositivo móvil, de saber a qué banda de llegada o carrusel puede recoger su equipaje, tal y como se ve en la figura 82.



Figura 82. Notificación de llegada de equipaje

Fuente: Elaboración propia

### App Inteligente sin costo

Actualmente, cuando los clientes se encuentren documentando su equipaje, los agentes del aeropuerto les entregan un tríptico donde se incluye la etiqueta, número de ticket y de la maleta, en el caso que quieran rastrear el equipaje. Es importante mencionar que el servicio no sólo funciona con equipajes demorados, perdidos o dañados.

En el caso que se cumpla alguna de las condiciones, lo único que se necesita es bajar la aplicación móvil y proporcionar los datos del número de etiqueta o del ticket generado. Aeroméxico utiliza el chatbot por parte de WorldTracer de SITA, encargados de la gestión de equipaje a nivel mundial. El sistema hace un rastreo global que mezcla el equipaje perdido y el encontrado. Se encuentra disponible en

todos sus vuelos, incluyendo conexión interlineal, siempre y cuando la última aerolínea en transportar sea Aeroméxico.

Pero esta aplicación del chat box es a través de encargados del rastreo de equipaje demorado o perdido, por lo que siempre hay un tiempo de espera. Por lo que la nueva App deberá ser en tiempo real.

Desde el momento en que los clientes dejan su equipaje, se debe estar pendientes en cada paso. Mediante la tecnología RFID, el equipaje llevará una etiqueta de identificación por radio frecuencia que permitirá realizar seguimiento en tiempo real, desde el momento que se inserta en la etiqueta el RFID en mostradores de documentación hasta el recorrido que debe trazar el equipaje en bandas transportadoras, filtros de inspección, avión y hasta que llega a destino final. La información será enviada al teléfono inteligente del viajero.

## Conclusiones

Este trabajo de tipo académico tuvo como objetivo principal, diseñar una propuesta de implementación de tecnologías de Internet de las cosas en aeropuertos con tecnología RFID en los equipajes de los clientes, para el rastreo en tiempo real de maletas, que permita disminuir la pérdida y demora en la entrega, debido principalmente a que, por muchos años y hasta la actualidad, se ha tenido que lidiar con grandes desembolsos por parte de la empresa por concepto de compensaciones, además de prestar un mal servicio a los clientes por no llegar juntos cliente-equipaje. Los beneficios de la implementación de etiquetas RFID en Aeroméxico:

- Reducción de demoras.
- Reducción de pérdida de equipajes.
- Mejorar el servicio.
- Mejora la imagen de la empresa.
- Estar a la vanguardia en cuanto a aplicaciones móviles de rastreo.

## Referencias

- Aerolatinnews (2016). Seguimiento de maletas en tiempo real. Recuperado de:  
<http://aerolatinnews.com/industria-aeronautica/el-seguimiento-de-maletas-en-tiempo-real-ahorrara-3-mil-millones-a-industria-aerea>
- Aeroméxico (2021). Información de vuelos. Aeroméxico. Recuperado de:  
<https://aeromexico.com/es-mx/informacion-de-vuelos/>
- Areas (2017). Claves para integrar el internet de las cosas (iot) en los aeropuertos. Recuperado de: <https://es.areas.com/es/noticias/actualidad/claves-para-integrar-el-internet-de-las-cosas-iot-en-los-aeropuertos/>
- Astlix (2019). Identificación por radiofrecuencia. Astlix. Recuperado de:  
<https://www.astlix.com/tiposproductos/impresorasrfid>
- Cámara de Diputados (2019). Los aeropuertos en México. Recuperado de:  
[http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/93701/267329/file/Los\\_Aeropuertos\\_Mexico.pdf](http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/93701/267329/file/Los_Aeropuertos_Mexico.pdf)
- Delta (2016) Delta introduce innovador sistema RFID para rastreo de equipaje. Recuperado de: <https://news.delta.com/delta-introduce-innovador-sistema-rfid-para-rastreo-de-equipaje>
- Evans, D. (2011). Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group-IBSG, 11(1), 4-11.
- Garofalo, F. A. (2019). Desplegando la IoT en los aeropuertos inteligentes. Recuperado de: <https://www.linkedin.com/pulse/desplegando-la-iot-en-los-aeropuertos-inteligentes-gar%C3%B3falo/>
- Netacad. (2019). Introduction to IoT. Curso en plataforma de Cisco Networking Academy. Recuperado de: <https://www.netacad.com/es/courses/iot>
- Reportelobby (2020). Aeropuertos: ¿Cómo se apoyarán de la tecnología en la era post COVID-19?. Recuperado de:

<https://www.reportelobby.com/2020/05/aeropuertos-apoyaran-tecnologia-post-covid-19.html>

Rodríguez A. (2021). Etiquetas RFID: haga un seguimiento más eficaz de los activos. Recuperado de: <https://www.diarioelectronicohoy.com/etiquetas-rfid-haga-un-seguimiento-mas-eficaz-de-los-activos/>

San José, J. I., y Pastor, J. M. (2015). Internet de las cosas e Interfaces de Usuario. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Jose-San-Jose-Vieco/publication/299907246\\_Internet\\_de\\_las\\_cosas\\_e\\_Interfaces\\_de\\_Usuario/links/5706d08008ae04e9708c0c70/Internet-de-las-cosas-e-Interfaces-de-Usuario.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-San-Jose-Vieco/publication/299907246_Internet_de_las_cosas_e_Interfaces_de_Usuario/links/5706d08008ae04e9708c0c70/Internet-de-las-cosas-e-Interfaces-de-Usuario.pdf)

Sánchez Moreno, N. (2009). *Aplicación de evaluación basada en NFC (Near Field Communication)* (Bachelor's thesis).

Tanenbaum, A. S. (2003). Redes de computadoras. Pearson educación. ISBN: 970-26-0162-2

Vilarasau, D. R. (2018). Aeropuerto del futuro: una experiencia sin estrés, eficiente y segura. Hosteltur. Recuperado de: [https://www.hosteltur.com/109329\\_aeropuerto-del-futuro-una-experiencia-sin-estres-eficiente-y-segura.html](https://www.hosteltur.com/109329_aeropuerto-del-futuro-una-experiencia-sin-estres-eficiente-y-segura.html)

## Capítulo 7. Internet de las cosas para eficientizar procesos de almacenamiento, trazabilidad y entrega de mercancías

**L.I. María del Socorro Guadalupe Medina Rosales**  
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango  
[lupismedina@hotmail.com](mailto:lupismedina@hotmail.com)

**L.I. Karina Salcido Meráz**  
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango  
[kary20sm32@gmail.com](mailto:kary20sm32@gmail.com)

**Dr. José Gabriel Rodríguez-Rivas**  
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango  
[gabriel.rodriguez@itduranro.edu.mx](mailto:gabriel.rodriguez@itduranro.edu.mx)

### Introducción

La sociedad actual vive en constante movimiento y prisa, esto da lugar al surgimiento de empresas dedicadas a realizar servicios para que las personas envíen a otros destinos mercancías tales como alimentos no perecederos, materia prima u otros objetos. En este sentido, la empresa Tresguerras cuenta en la actualidad con 104 sucursales en todo el país, y 6 centros de distribución los cuales se dedican a repartir la mercancía hacia diferentes destinos, es decir, de las sucursales se envían al centro de Distribución más cercano el cual será el encargado de reenviar la mercancía al destino final, estos centros están ubicados en Gómez Palacio, Aguascalientes, Guadalajara, Monterrey, Puebla y México.

En el presente documento se realizó un análisis sobre las nuevas tendencias en el campo del internet, específicamente en el Internet de las cosas y de la cual se deriva una propuesta de desarrollo de prototipo para mejorar el proceso de recepción y envío de mercancías con la implementación de un nuevo sistema de trazabilidad para hacer más eficiente la información acerca del transporte de mercancías durante el traslado, envío a domicilio, o bien, en la estancia de las

mercancías en las bodegas de Tresguerras utilizando tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) y sistemas de posicionamiento global (GPS). Para la operación del prototipo se hace uso de tecnologías inalámbricas, etiquetas y lectores RFID, y bases de datos para mantener el historial con la trazabilidad de la carga, además del desarrollo de aplicaciones móviles para leer datos y generar alertas, así como un sistema web para la gestión de los procesos.

Cuando las etiquetas RFID mandan información al lector RFID y este a su vez a las aplicaciones y mediante el uso de tecnología GPS pueden detectar que una mercancía no se ha entregado donde corresponde y enviar notificaciones en tiempo real a los centros de distribución, transportes y/o personas encargadas del reparto. Los datos se almacenan en la base de datos y las aplicaciones pueden leer y analizarlos para generar informes de transporte. Durante todo el trayecto de la mercancía, se guardará el historial desde su partida en Sucursal Origen hasta su llegada en Sucursal Destino hasta la entrega del servicio con el cliente final. En la figura 83, se muestra un diagrama ejemplificando lo anterior.



Figura 83. Diagrama de despliegue

Fuente: Elaboración propia

La propuesta de un prototipo de trazabilidad conectada contribuirá en mejorar la logística de la empresa Tresguerras a través del uso de nuevas tecnologías que nos darán más información sobre las mercancías de los clientes con la trazabilidad en tiempo real de cada una de ellas lo cual brindará mayor eficiencia en el traslado de la mercancía de una sucursal a otra. Un sistema de trazabilidad es fundamental para tener la ubicación y seguimiento de la mercancía en tiempo real, y es indispensable en términos de calidad y seguridad para obtener la confianza y satisfacción de los clientes. En el campo de la logística para el servicio de traslado de mercancías, estos factores son de vital importancia para conocer información de cualquier sucursal, de cualquier mercancía y el estatus real de cada una de ellas.

Durante todo el trayecto que tendrá la mercancía se guardará el historial desde su partida en sucursal origen hasta su llegada en sucursal destino hasta la entrega del servicio con el cliente final.

Si bien es sabido que la implementación de un proyecto siempre conlleva a procesos que quizás tomará mucho tiempo y dedicación, pero que, sin lugar a dudas la agilización del trabajo que se realiza en equipo desencadenará un mejor control y reducción de los tiempos, dejando un alto impacto en la empresa y no solo en ella, sino en los empleados que laboran en ella.

## Objetivo general

Desarrollar un prototipo para la implementación de etiquetas RFID para usar en las mercancías a transportar en una empresa de autotransportes de carga, obteniendo la trazabilidad de las mismas, y ofrecer opciones en donde el personal de la empresa logre reducir errores y optimizar tiempos, brindando información en tiempo real al personal de oficinas y clientes.

## Objetivos específicos

- Analizar procesos de la Sucursal para saber dónde se implementará la sugerencia de mejora.

- Revisar estrategias de cadenas de suministro conectada.
- Considerar la infraestructura de la empresa para poder definir lo que se va a requerir para la implementación de este proyecto.
- Organizar la información obtenida de cada uno de los procesos y actividades que tiene la compañía.
- Conceptuar mapas de diseño para el desarrollo del proyecto.

## Marco teórico

### Internet de las cosas

El Internet de las cosas (IdC), algunas veces denominado “Internet de los objetos” es la próxima evolución de Internet que lo cambiará todo, incluso a nosotros mismos ya que será un enorme salto en su capacidad para reunir, analizar y distribuir datos que podemos convertir en información y conocimiento (Evans, 2011).

El IdC viene con la intención de digitalizar el mundo mediante la conexión de **Personas, Procesos, Datos y Objetos** y de esta forma, al obtener información crear acciones que brinden nuevas experiencias más valiosas y oportunas optimizando los recursos de una mejor manera y con mayor aprovechamiento. (Mitchell, Villa, Stewart-Weeks y Lange, 2013).

Los **datos** son la información que generan las personas y los objetos y cuando se combinan estos datos con el análisis, se proporciona información útil a las personas y a las máquinas para una mejor toma de decisiones con mejores resultados.

Los **objetos** conectados a Internet e interconectados entre sí detectan y recolectan más datos y pueden proporcionar información más empírica a las personas y a las máquinas.

Los **procesos** se producen entre todos los demás pilares de IdC, con los procesos y las conexiones adecuadas para que estas proporcionen información a las personas cuando lo necesiten.

La idea general que hay detrás del Internet de las cosas es tener la capacidad de conectar objetos con sistemas ya sea utilizando Internet, redes privadas u otros mecanismos de comunicación como teléfonos móviles inteligentes conocidos como Smartphones. En la mayoría el proceso de interacción entre el teléfono inteligente y los objetos es a través de una aplicación de software específica en la que debe existir una plataforma móvil de destino y que tenga la capacidad de ser abierta para consulta de los usuarios (Pascual, 2012).

### Evolución del internet al internet de las cosas

La evolución de Internet experimentó cuatro fases distintivas y cada una de ellas tiene un efecto más profundo en los negocios y en la sociedad.

- Fase 1. Conectividad: En esta fase se conoce el acceso a la información por medio del correo electrónico, navegador WEB y búsquedas.
- Fase 2. Economía interconectada: En esta fase se digitalizó la economía del comercio electrónico, cadena de suministro digital.
- Fase 3. Experiencias cooperativas: En esta fase se digitalizó las interacciones sociales y empresariales a través del uso de la nube y videos.
- Fase 4. INTERNET DEL TODO: En esta fase se digitalizó el mundo mediante la conexión de personas, procesos, objetos y datos. (Cisco, 2019).

Existe un punto en la historia en el que se identificaron más dispositivos conectados a Internet que personas, a continuación, se mencionan dos datos interesantes sobre el origen del concepto de internet de las cosas.

“En 2003, había aproximadamente 6.3 mil millones de personas en el planeta, y había 500 millones de dispositivos conectados a Internet, si dividimos la cantidad

de dispositivos conectados por la población mundial, el resultado indica que había menos de un dispositivo (0.08) por persona” (Evans, 2011, p.2).

“El crecimiento explosivo de los smartphones y las tablet PC elevó a 12,5 mil millones en 2010 la cantidad de dispositivos conectados a Internet, en tanto que la población mundial aumentó a 6,8 mil millones, por lo que el número de dispositivos conectados por persona es superior a 1 (1,84 para ser exactos) por primera vez en la historia” (Evans, 2011, p.3).

En la figura 84, se muestra una línea de tiempo con la fecha estimada del “Nacimiento” del Internet de las cosas.

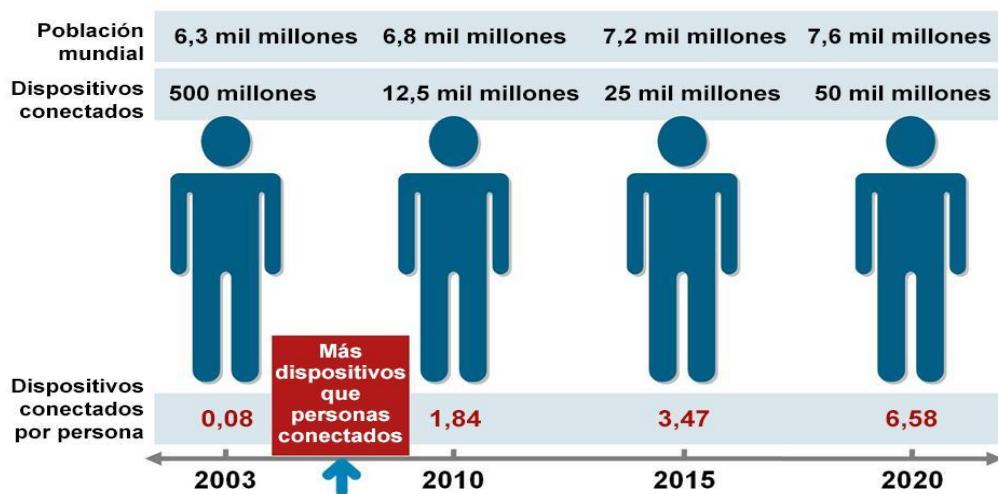


Figura 84. Fecha estimada del “nacimiento” del Internet de las cosas

Fuente: (Evans, 2011).

## Sistemas de posicionamiento global GPS

El objetivo del GPS es brindar la ubicación de un receptor en cualquier punto terrestre con disponibilidad 24 horas y para realizar esto se basa en una constelación compuesta por 24 satélites distribuidos en 6 órbitas con una inclinación de 55° tal y como se muestra en la Figura 85.

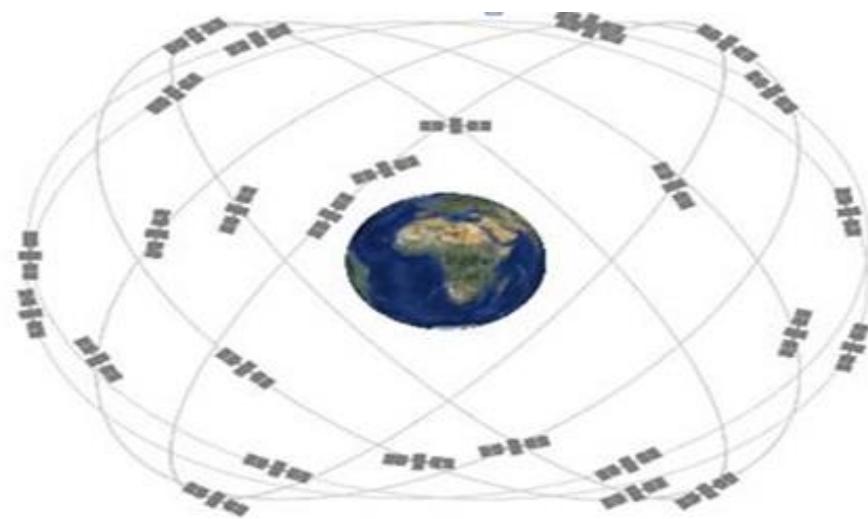


Figura 85. Constelación de satélites GPS

Fuente: (Zabala, Cuenca, León y Cabrera, 2018)

Los sistemas de posicionamiento global (GPS) en la actualidad exigen una alta precisión para dar resultados en tiempo real. Los sistemas GPS están sujetos a errores debido a la sincronización existente entre los relojes de los satélites y los receptores. Los errores pueden ser debido a las características de las capas de la atmósfera, errores debido al multicamino (fenómeno que se da cuando las señales de radio llegan a la antena receptora por dos o más caminos y en diferentes tiempos) del área local de la antena, así como también a los errores producidos por características propias del receptor como el ruido. Todos estos factores afectan a la solución final de posicionamiento del receptor. Es posible que a través de la corrección de las medidas mitigar el impacto de la imprecisión sobre la solución de navegación. (Zabala, Cuenca, León y Cabrera, 2018, p. 14).

### **Hand held**

Se le conoce también como terminal de recolección de datos ya que puede leer códigos de barras y tags de radio frecuencia (RFID) en tiempo real, estas terminales son usadas mayormente en las tiendas, almacenes, manufactura y ventas en ruta.

Algunas de sus aplicaciones son para realizar la toma de inventario mensual, trimestral, semestral o anual. Estos equipos permiten tener un estado de los niveles de inventario en las tiendas, así como el control y salida de productos o mercancías, se puede utilizar para pasar información de equipos de cómputo a centrales de resguardo de datos, seguir guardando y almacenando información hasta realizar cortes y obtener los datos registrados del día para leerlos y pasarlo al equipo de cómputo y obtener información en tiempo real y datos de sistemas de información (Boreal, 2019). Estas terminales están hechas de varios componentes:

- Escáner.
- Pantalla.
- Teclado.
- Interface.
- Memoria.
- Accesorios.
- Desarrollo de aplicaciones.

El escáner es para dar lectura a los códigos de barras, la pantalla es para ver los caracteres o bien las aplicaciones o software instalado de las compañías para ingresar los datos a sus sistemas de información. El teclado es utilizado para ingresar caracteres como usuarios, contraseñas de acceso, ingreso de datos a aplicaciones para posteriormente ser descargados a sistemas de información.

En este papel la interface juega un papel muy importante ya que es la manera en cómo podremos instalar aplicaciones y descargar los datos obtenidos a una terminal. Algunas terminales de recolección de datos usan los puertos RS-232 que utiliza un conector DE-9 ó RJ y con esta conexión es como se conecta a un ordenador.

La memoria que tienen es de tipo ROM (Read Only Memory, Memoria de Solo Lectura), y es donde el fabricante almacena la información para que el dispositivo inicie y guarde información. Esta área es únicamente para acceso y uso del fabricante. En cuanto a la memoria RAM (Random Access Memory, memoria de acceso aleatorio), es como en una computadora normal, es decir, esta es el área

donde las aplicaciones se almacenan temporalmente para ejecutar los procesos en conjunto con el CPU (Central Processing Unit, Unidad Central de Procesamiento). Normalmente las aplicaciones son copiadas de la memoria NVRAM (Non-Volatile Random Access Memory, memoria de acceso aleatorio no volátil) hacia la RAM. El objetivo de esta memoria es maximizar la velocidad de las aplicaciones, sin embargo, cuando la corriente se pierde, toda la información en RAM se borra.

Actualmente existen diferentes fabricantes como Datalogic, Handheld Products, Metrologic, entre otras. En la figura 86, se muestra un Handheld.



Figura 86. Handheld

Fuente: (Boreal, 2019)

## Tecnologías inalámbricas

La evolución que se ha tenido en la última década en el terreno de las comunicaciones inalámbricas ha convertido el Internet de las cosas (IoT) en una realidad tangible, debido en gran medida a las tecnologías inalámbricas de área personal que se consolidan como la base para la conexión de multitud de objetos inteligentes a una red única de área global. (García, J. M. C. 2016).

La introducción de IoT en el entorno industrial permitirá la creación de fábricas inteligentes, digitalizadas y conectadas en las que sus distintos componentes y máquinas podrán comunicarse entre sí y tendrán capacidades de optimización, auto-configuración y auto-diagnóstico en donde los datos estarán centralizados en la nube. En este nuevo entorno las redes de comunicación deben construirse sobre una arquitectura flexible sobre todo con las aplicaciones de

automatización, tradicionalmente las redes han estado basadas en tecnologías Ethernet y cableadas, estas últimas proporcionan comunicaciones con muy alta fiabilidad, pero fallan en proporcionar flexibilidad y adaptabilidad.

Por otro lado, las tecnologías inalámbricas pueden proporcionar conectividad a objetos móviles y para mejorar la flexibilidad y escalabilidad de las redes se propone arquitecturas jerárquicas en las que la red es dividida en múltiples subredes de manera que se garantice los requisitos de tiempo, de comunicación de las aplicaciones y servicios. Actualmente existen varias tecnologías inalámbricas disponibles para la comunicación entre dispositivos inteligentes y hubs (concentradores) en los sistemas IoT.

- Wi-Fi.
- Bluetooth.
- ZigBee.
- 6LoWPAN.
- Thread.
- SigFox.
- LoRa.

En la figura 87, se muestra una tabla con las características de cada una.

	Wi-Fi	Bluetooth5	ZigBee3.0	6LoWPAN	Thread	SigFox	LoRa
Distancia	100m	240m	300m LOS 100m Int.	100 m	100m	50 Km	15 Km
Topología	Estrella, Malla, etc.	Punto a Punto, Malla	Malla	Estrella, malla	Malla	Estrella	Estrella
Capacidad de Dispositivos	Depende del Fabricante	200	65000	N/A	250-300	Miles	Miles
Frecuencia	2.4GHz 5GHz	2.4 GHz	868 MHz 915MHz 2.4 GHz	868 MHz 915MHz 2.4 GHz	868MHz 915MHz 2.4 GHz	868MHz 915MHz	868MHz 915MHz
Max. Tasa de Datos	10 Gbps (802.11ax)	2 Mbps	250 Kbps (2.4 GHz)	250Kbps (2.4 GHz)	250Kbps (2.4GHz)	100bps	50 Kbps
Consumo de Potencia	Alto	Bajo- Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Figura 87. Características de redes inalámbricas

Fuente (Bravo y Patricio, 2018)

## NFC

Es una tecnología de comunicaciones inalámbrica de corto enlace y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dos dispositivos cercanos, estos dispositivos reciben el nombre de Iniciador (el que origina la transmisión) y Target (el receptor) NFC funciona en la banda frecuencia no licenciada de 13.56 MHZ en una distancia de hasta 20 cm. NFC está basada en el principio de inducción electromagnética en donde dos circuitos inductivos cercanos comparten energía y pueden transmitir datos a distancias de pocos centímetros. NFC define dos modos de operación:

1. Modo Activo: Ambos dispositivos (Iniciador y Target) generan alternadamente su propio campo de RF mientras espera datos y ambos dispositivos necesitan tener su propia alimentación de energía.
2. Modo Pasivo: El dispositivo Iniciador genera el campo RF y el Target responde mediante la modulación de ese campo por lo que no necesita energía propia, este modo es muy importante para dispositivos que funcionan con baterías como (teléfonos celulares, PDAs, etc), el protocolo NFC permite a estos dispositivos ser usados en modo de “ahorro de energía” de manera que la energía se pueda conservar para otras operaciones.

Dado que NFC es una tecnología derivada de RFID soporta varias tasas de transferencias de datos de 106, 212 y 424 Kbps. La evolución de la tecnología RFID en el área de NFC ha dado origen a un conjunto de aplicaciones reales que son no sólo técnicamente factibles sino comercialmente viables.

El principal atractivo de la tecnología NFC es el permitir diversas maneras de comunicación y transacciones de un modo amigable para el usuario, y en el cual su uso es casi intuitivo para la mayoría de las personas ya que con una simple acción como “tocar” o acercar un dispositivo NFC a otro, se inicie el servicio deseado, permitiendo que el uso de cualquier “servicio” electrónico sean accesibles a más personas sin importar su edad o sus capacidades (Carignano, 2017).

## RFID

La tecnología RFID es similar al tradicional código de barras, por ejemplo, a la mercancía que se pretende identificar se le añade una etiqueta y se utiliza un lector conectado a una computadora y así de esta forma obtener la información de identificación del producto. El funcionamiento es muy simple, el lector emite una señal electromagnética que al ser recibida por la etiqueta RFID hace que ésta responda mediante otra señal enviando la información codificada que está contenida en la etiqueta. El principio del funcionamiento de esta tecnología se muestra en la Figura 88.

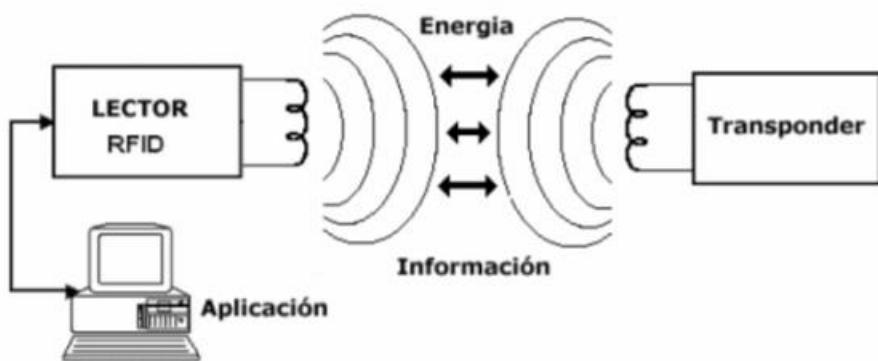


Figura 88. Principio de funcionamiento RFID

Fuente: (Casanovas, s.f.).

La etiqueta RFID consta de tres elementos: una antena, un circuito integrado y un elemento para almacenar energía. La antena permite realizar la comunicación entre la etiqueta y el lector, y en el cual su tamaño limita la distancia máxima a la que puede realizarse la lectura. Por otra parte, el circuito integrado es un circuito mixto analógico-digital en donde la parte analógica se encarga de la alimentación y la comunicación por radiofrecuencia y la parte digital administra la información almacenada en la etiqueta. El último elemento es necesario para alimentar al circuito y en función de este elemento existen dos tipos de etiquetas: las activas y las pasivas.

**Activas:** En este tipo de etiquetas usan una batería para alimentar el circuito y aunque los fabricantes garantizan una duración de 10 años, su uso aumenta el tamaño de la etiqueta y la encarece. La principal ventaja es un mayor alcance de lectura. Este tipo de etiquetas se usan, por ejemplo, en los peajes automáticos de autopistas.

**Pasivas:** En este tipo de etiquetas el elemento que almacena energía es un condensador que se carga con la energía emitida por el lector y luego utiliza dicha energía para responder. Debido a esto, la potencia de emisión está limitada, por lo tanto, la distancia entre el lector y la etiqueta no puede ser muy alta. Las ventajas de estas etiquetas tienen que ver con el ahorro de espacio, la duración prácticamente ilimitada de la etiqueta y su menor costo.

Las etiquetas pasivas son usadas frecuentemente en diversos campos como la identificación de animales, llaves de contacto de automóviles, control de acceso, cronometraje de carreras, etc. Los componentes deben de protegerse del medio ambiente y se debe encapsular adecuadamente. En la figura 89, se muestran los elementos de la etiqueta RFID.

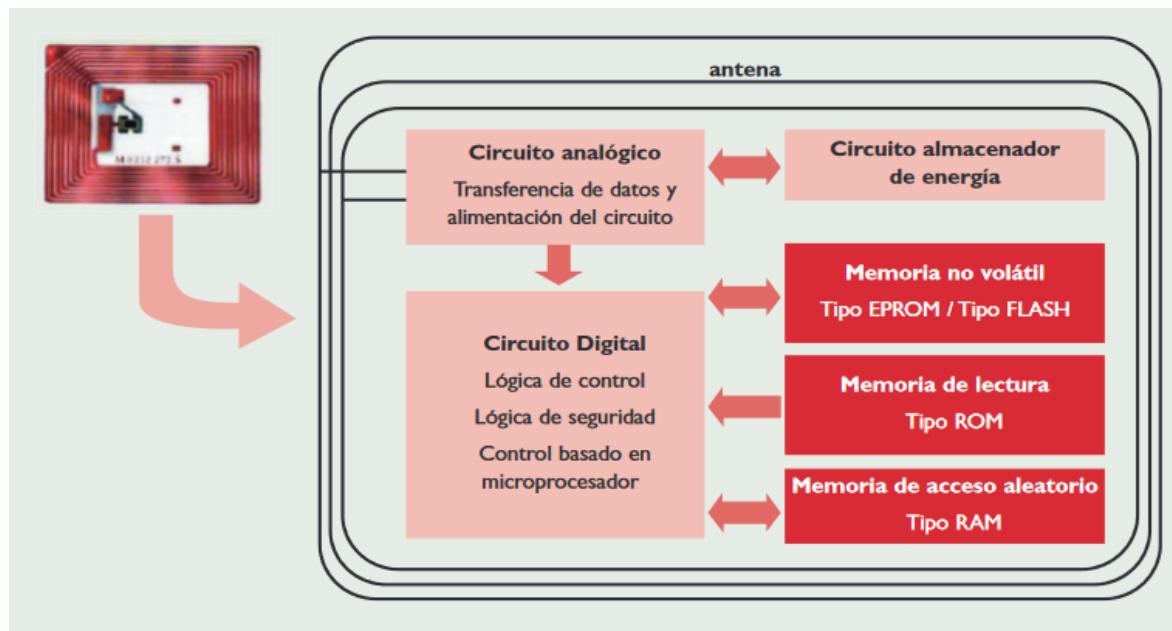


Figura 89. Elementos de la etiqueta RFID

Fuente: (Alexandres, Rodríguez-Morcillo y Muñoz, 2006).

Los fabricantes ofrecen innumerables encapsulados, existen etiquetas en formato tarjeta de crédito para control de accesos, encapsuladas en una ampolla de vidrio para identificar animales, etiquetas en forma de clavo para pallets, encapsulados resistentes a altas temperaturas para etiquetar equipos que tengan que soportar condiciones adversas, etc.

El lector para estas etiquetas son una antena y un circuito para gestionar la comunicación, este circuito dispone de un interfaz estándar como compact Flash para conectarse a un ordenador o a una PDA. Existe una segunda antena conocida como tipo “cuadro” que son como las que están en tiendas grandes para evitar robos las cuales entre más grandes pueden alcanzar mayor distancia de lectura.

Es importante usar algún sistema de bases de datos que realice la correlación entre la información devuelta por la etiqueta y el resto de la información del producto. Las áreas de aplicación para RFID son las siguientes:

- Transporte y logística.
- Fabricación y procesamiento.
- Seguridad de personas.
- Identificación y trazabilidad alimentaria animal.
- Rastreo postal.
- Verificación y control de equipaje.
- Control de peaje y medios de pago electrónico.
- Sustitución o uso simultáneo y compartido con códigos de barras.
- Vigilancia electrónica.

## Trazabilidad

Se tienen diferentes conceptos de trazabilidad según el tipo de industria en el que se vaya a utilizar ya que se presenta en diferentes campos de aplicación. El término de trazabilidad es definido por la Organización Internacional para la

Estandarización ISO 9000, como “La capacidad de rastrear la historia, la aplicación o la ubicación de lo que está bajo consideración” ISO 2005.

La trazabilidad es considerada una herramienta de identificación y registro de información para mejorar los procesos de control de un producto para las empresas que buscan resultados confiables con el menor fallo posible en sus procesos, resultando en una mayor eficiencia en procesos, así como menores costos ante fallos y un mejor servicio a clientes, ver la figura 90.

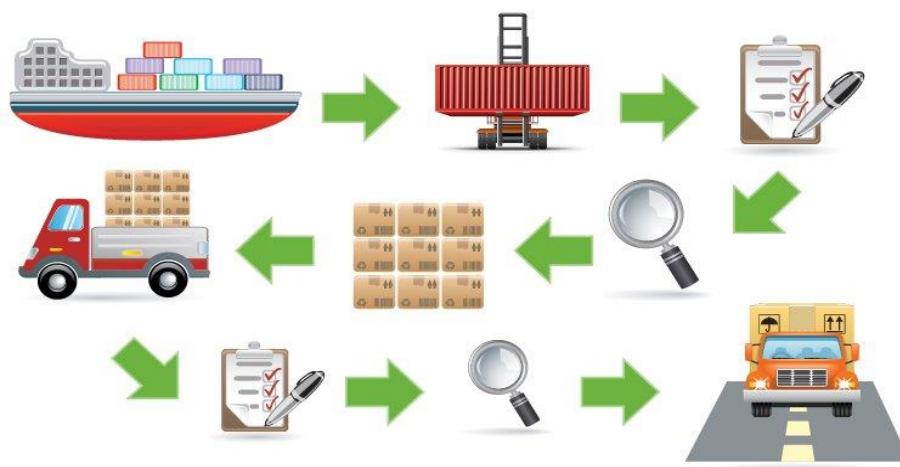


Figura 90. Trazabilidad en cadena de suministro de paquetería

Fuente: (emasconsultores, 2019)

La trazabilidad se ha convertido en un pilar fundamental de la industria logística y puede definirse cómo la capacidad que identifica los materiales en cualquier parte de los procesos de la producción, centrándose en el detalle de los componentes y se extiende por el lado del seguimiento del producto a lo largo de toda la cadena de suministro desde que sale del proveedor hasta la llegada del consumidor final. (Ertransit 2018).

## Tipos de Trazabilidad Logística

**Trazabilidad hacia atrás o ascendente (tracing):** se hace referencia a la identificación de los diferentes productos que llegan a una compañía y a la información del proveedor, suelen ser productos finales en la empresa, en cuanto se tiene la recepción de productos son las herramientas necesarias para que pueda seguirse (traza) el movimiento de los productos hacia su origen.

Kelepouris y otros (2007) mencionan que, dependiendo de la dirección, la trazabilidad hacia atrás o tracing “es la capacidad, en cada punto de la cadena de suministro, de encontrar el origen y las características de un producto en base a uno o varios criterios dados”. Además, la explican como “la capacidad de rastrear la historia, la aplicación o localización de una entidad por medio de identificaciones registradas”. En el tracking o trazabilidad hacia atrás se responde a las preguntas, ¿Que se recibe?, ¿De quién se reciben los productos?, ¿Cuándo se reciben los productos?, ¿Cómo se reciben los productos?.

**Trazabilidad interna o de proceso:** en este tipo se hace referencia al proceso de seguimiento de productos dentro de la compañía y se relaciona lo que entra y lo que sale de la empresa y se establece un sistema que pueda aportar esta información. Este tipo de trazabilidad consiste en seguir el camino del producto a lo largo de la cadena productiva de la empresa, que va desde la recepción de la materia prima, - que en el caso de la propuesta del prototipo para la empresa Tresguerras se trata de la mercancía recibida-, hasta la expedición del producto terminado y que para el caso del prototipo se trata de la entrega de la mercancía y culminación del servicio.

**Trazabilidad hacia adelante (Tracking):** En esta trazabilidad se habla de los productos que se encuentran preparados para la salida y al cliente que tiene que entregarse. La trazabilidad hacia adelante es aquella aplicada a los productos que salen de la empresa, tomando en cuenta el destino y los clientes a los que van destinados dichos productos, esta trazabilidad debe de garantizar información para

cualquier consulta de los clientes. Este tipo de trazabilidad responde a las preguntas ¿A quién se entrega? ¿Qué se ha vendido exactamente? ¿Cuánto se ha vendido? ¿Cuándo se ha vendido?.

En relación con lo antes expuesto se mencionan algunas ventajas de trazabilidad logística:

- Ayuda a mejorar el control interno de la mercancía.
- Automatiza la entrada de los datos sobre el producto.
- Mejora la disponibilidad de la información.
- Mejora la velocidad en los datos de transmisión.

En definitiva, la trazabilidad es importante para las empresas que se dedican a la logística y distribución ya que mejora los procesos y la información acumulada, suele cambiar a la implantación de nuevas tecnologías para hacer posible que los registros de productos e información se realicen de una forma fiable y detallada mediante la consulta a bases de datos, a través de Internet tal y como se puede apreciar en la figura 91 (Sosa, 2017).

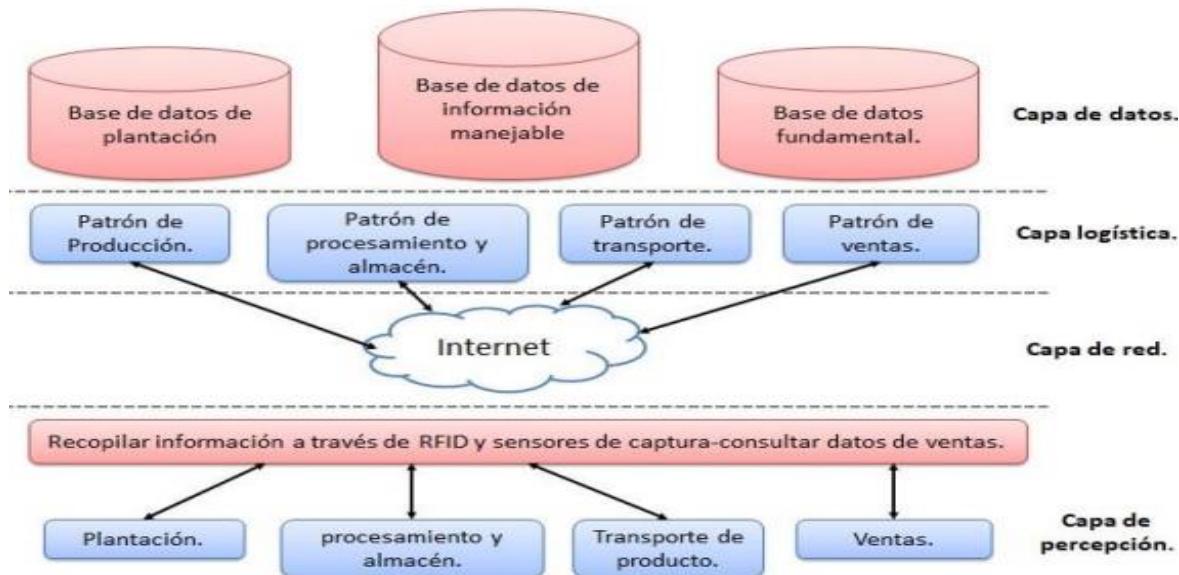


Figura 91. Estructura de un sistema de trazabilidad a través de IoT.

Fuente: (Sosa, 2017)

## Tecnologías y aplicaciones utilizadas de internet de las cosas en logística

Al momento de desarrollar la logística en un entorno de IoT, son necesarias diversas tecnologías, las cuales nos permitirán que mejore la eficacia y eficiencia de las empresas, dichas tecnologías contribuirán en el proceso de la cadena de suministro y los medios de gestión de las empresas.

Algunos de estos dispositivos son las redes de sensores los cuales pueden ser: RFID, códigos de barras, GPS, entre otros, los cuales a su vez se pueden dividir en los siguientes grupos tecnológicos:

- Tecnologías de recepción.
- Tecnologías de comunicación y de red.
- Tecnologías de gestión y control.
- La tecnología RFID.
- Tecnología GPS.
- El Cloud Computing o la Nube.
- La Plataforma de Servicios de Información.
- Las etiquetas EPC.
- El lector de etiqueta electrónica.
- El servicio de Información EPC.
- Los objetos de servicio de nombres.
- El WSN.
- La tecnología IPv6.
- La nanotecnología.
- La monitorización.

## Modelos de internet de las cosas en un entorno logístico

Antes de adentrarnos en la comprensión de los modelos daremos una explicación de cada uno de los modelos de arquitectura, generalizando a detalle los siguientes conceptos:

- EPC (Electronic Product Code): Este modelo nos indica si utiliza la codificación electrónica del producto.
- MAS (Multi Agent System): En este modelo expone si utiliza la gestión del flujo de información con las tareas logísticas.
- GPS/GIS (Global Position System / Geographic Information System): Nos muestra si utiliza la tecnología de posicionamiento y de información global.
- RFID (Radio Frequency Identification) : En este modelo si se utiliza la tecnología de identificación inalámbrica.
- WSN (Wireless Sensor Network): Este modelo muestra que si utiliza una red de sensores inalámbricos que a su vez trabajan con la red de Internet.
- Cloud Computing: Nos indica si se utiliza un sistema de almacenamiento de datos en lo que se denomina Nube o Cloud Computing.
- CPS (Cyber Physical System): Si en el artículo se expone si utiliza un sistema de servicio integrado de los sistemas logísticos.
- Plataforma de Servicios: El modelo expone claramente si se utiliza algún tipo de plataforma.
- Capas o Niveles: Si la arquitectura que se expone muestra que está formada por varias capas o niveles.

Los autores Hribernik y otros (2010) propusieron un enfoque estándar para proporcionar visibilidad de los datos a nivel de artículo y la integración de todos los

procesos logísticos y la denominaron arquitectura EPCglobal. Esta arquitectura se puede observar en la figura 92.

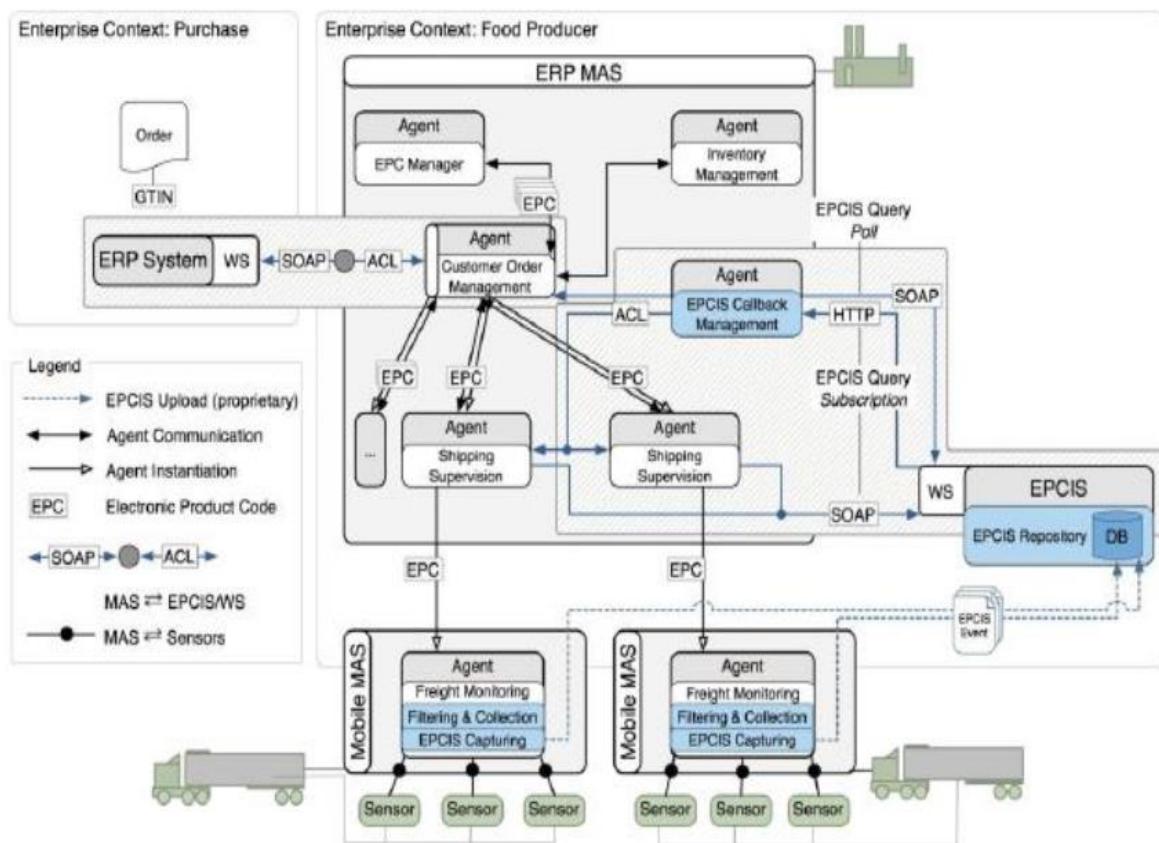


Figura 92. Arquitectura EPCglobal

Fuente (Hribernik y otros, 2010)

Existe una amplia gama en los sistemas logísticos, que pueden estar integrados a través de Internet por medio de una plataforma independiente, tratando de que el proceso de logística sea más autónomo y cooperante. Se pueden identificar las características funcionales de los recursos logísticos, ya que mediante ellos se está utilizando esa información para publicar los perfiles de los vehículos con la agencia de transporte (ver figura 93), de este modo se puede garantizar diariamente los cambios, tales como los nuevos sensores o la sustitución de un remolque.

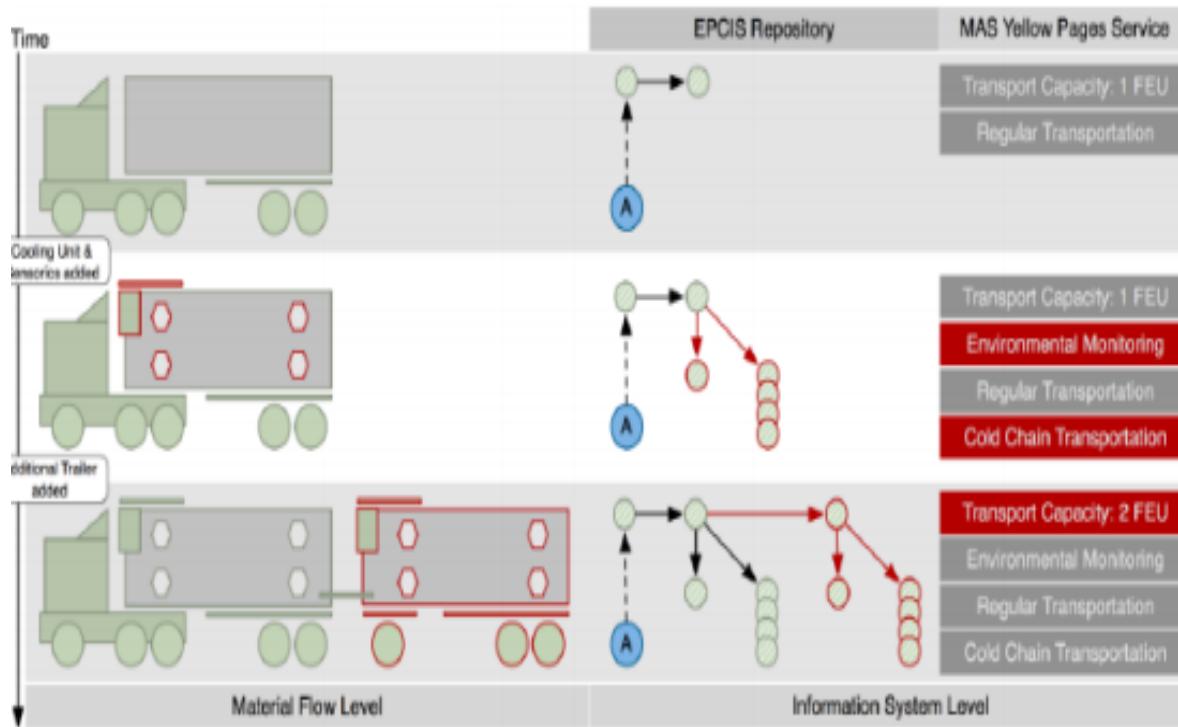


Figura 93. Diferentes configuraciones de un camión

Fuente (Hribernik y otros, 2010)

## Desarrollo

### Análisis y estructura de la empresa

Actualmente la empresa Tresguerras sucursal Durango, cuenta con seis carriles en bodega para almacenar la mercancía que se recibe de otras sucursales, cuenta con tres espacios de volúmenes grandes, área de embarques, área de reembarques y por último el área de ocurre. En la figura 94, se muestra la bodega de Tresguerras.



Figura 94. Fotografía de bodega Tresguerras

Fuente: Tresguerras

En la figura 95, podemos observar el área de embarque y el portón de salida/entrada de mercancías.



Figura 95. Área de embarque y portón de salida/entrada de mercancía

Fuente: Tresguerras

**Zonas de Carga/Descarga y entrega de mercancías:** Estas son indispensables en la lectura de las etiquetas RFID que se desean implementar en este proyecto debido a que son la fuente por donde obligatoriamente deben de

pasar las mercancías que ingresan de otras sucursales o bien para entregar el paquete al cliente final.

En la figura 96, se observa un diagrama de ubicación de la salida de mercancías al cliente final.

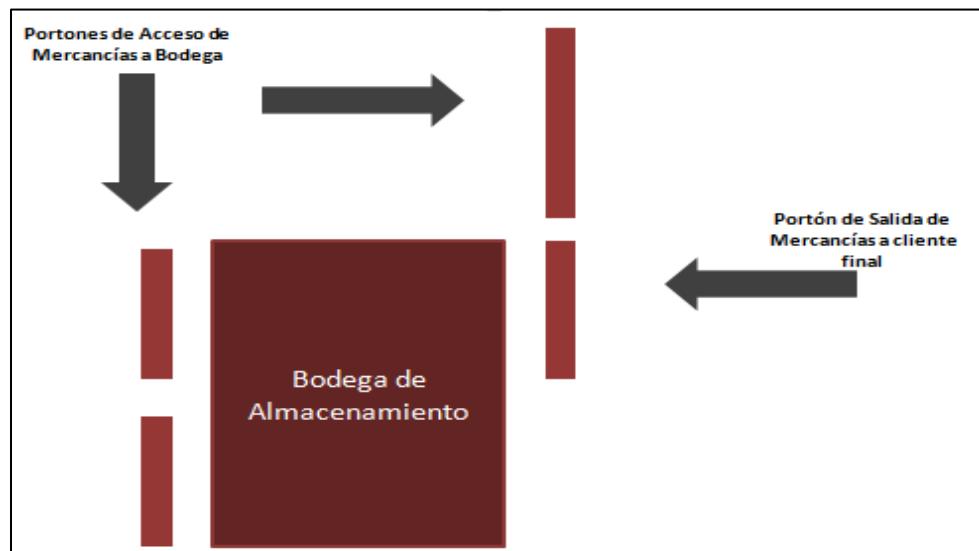


Figura 96. Diagrama de accesos de mercancías

Fuente: Elaboración Propia

**Área de embarques:** En esta área es donde los clientes de Durango dejan sus mercancías para ser documentadas, cubicadas y etiquetadas para el envío a su destino final como se puede ver en la figura 97.

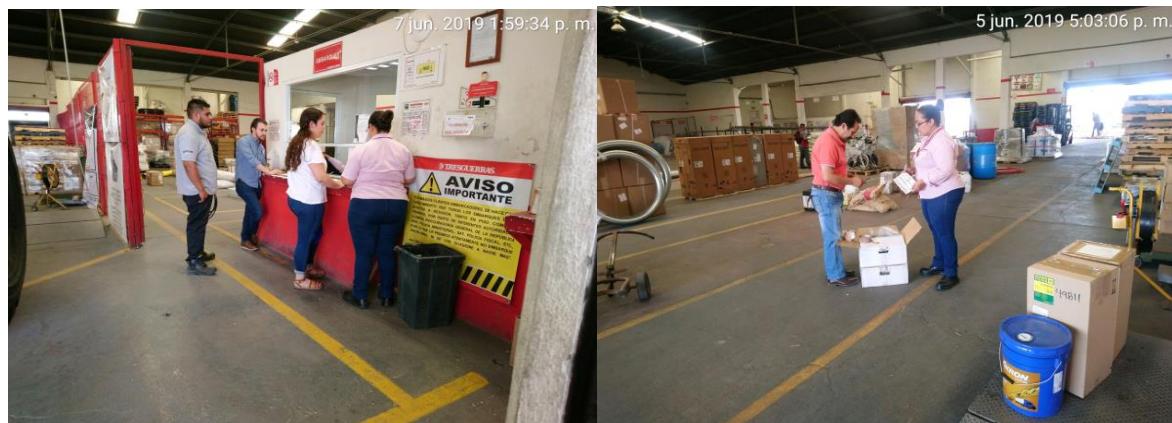


Figura 97. Área de documentación y embarques

Fuente: Tresguerras

**Área de reembarques:** Es el área donde se almacena temporalmente la mercancía que será reenviada a otro destino hasta el día siguiente y de la corrida que llega de Monterrey se descarga la ruta pacifico mientras se asigna la unidad.

### Propuesta de trabajo

Se realizó una propuesta para desarrollo de un prototipo para su implementación usando etiquetas RFID en las mercancías de los clientes a fin de obtener la trazabilidad de las mismas y reducir pérdidas económicas para la empresa, así como agilizar la entrega de las mismas en las sucursales donde los clientes van a recoger sus pertenencias. Se desea mantener el historial de la mercancía en trayecto y durante la estancia en las bodegas hasta que sea repartida al cliente final.

En el caso de **entregas a domicilio**, que el sistema emita una alerta a quienes están programando la salida de mercancía por ruta, de manera que no se les quede ninguna mercancía olvidada en bodega y que se registre al mismo tiempo el historial de la trazabilidad donde el cliente pueda ver la ruta que sigue su mercancía para su entrega, así como la hora estimada de la entrega de acuerdo con la cantidad de productos que tienen por entregar.

En el caso de **ocurre**, que el sistema emita una alerta cuando un cliente tiene ordenes por entregar de diferentes destinos y que a su vez diga en qué carril se encuentra la ubicación exacta de manera de optimizar tiempos de búsqueda y garantizar las entregas completas de partidas. Obtener la ubicación en tiempo real para que los empleadores sepan el lugar exacto de donde se encuentra y a su vez, si esta tiene dos o más ubicaciones emitan la indicación de los puntos en bodega con solo teclear el número de orden.

### Proceso para llevar a cabo

#### Recepción de embarques

1. En esta actividad los clientes llegan, entregan su paquete al Documentador que con el apoyo del Despachador hacen el cubicaje de la mercancía para saber su volumen y poder determinar el costo del flete.
2. Posterior a esto el cliente llena su orden de servicio la entrega al Documentador y le otorgan su etiqueta para pegarla a la mercancía.
3. El empleador al ya tener la mercancía con la etiqueta correspondiente la mueve al carril de embarques hasta que se tenga la unidad asignada.
4. Una vez asignada la unidad el empleador comienza a subir la mercancía a la unidad y lee los códigos de las etiquetas con la Hand Held.
5. Una vez subida la mercancía se emite reporte final para validar que todo esté dentro de la unidad y posterior a esto se le asigna un sello de seguridad para su viaje.

#### ***Recepción de embarques de otras sucursales***

1. Llegan 6 corridas diarias de ZAC-MONTERREY-GMP-GUADALAJARA-TABLA HONDA-AGUSCALIENTES.
2. Se da arribo a la unidad que es la etapa en donde se descargan los datos a las bases de datos.
3. Se comienza con la descarga física de la mercancía y conforme se va bajando se va handheleando de una por una hasta terminar.
4. Se valida que no quede ningún talón pendiente por pasar por la handheld.
5. A partir de este momento la información queda disponible en el intranet de la sucursal.

## Descripción de cómo llevarlo a cabo

Partiendo de que el RFID ha disminuido en el coste de las pegatinas, esta puede ser una herramienta estratégica para los almacenes debido a que puede mejorar el nivel de servicio a un menor costo, esta tecnología RFID sería un único identificador con un protocolo que se transfiere desde un dispositivo lector hacia una terminal a través de ondas de radio y su vez almacenar y recuperar la información de los datos de manera remota usando etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID.

En esta empresa es indispensable las entregas de las mercancías y que estén el menor tiempo posible en las bodegas, así como mantener el historial con la trazabilidad de la carga con la finalidad de hacer la diferencia entre las empresas del ramo de la logística de manera de hacer rápida y eficiente la entrega tanto en entregas a domicilio como en ocurre.

Actualmente se utilizan los códigos de barras pero, si lo comparamos con RFID estás giran entorno de la legibilidad de las etiquetas, la rapidez de la lectura en las Handheld, la durabilidad de las etiquetas, la cantidad de información contando con el factor humano que en ocasiones no pega las etiquetas y estas viajan sin nada que las identifique lo cual muestra pérdidas de mercancía, pérdidas de clientes al extraviarlos y un factor que es importante es la pérdida económica de la empresa al tener que pagar las mercancías extraviadas.

En la propuesta de desarrollo de esta empresa se pretende migrar hacia RFID en donde utilizaremos en toda la mercancía este tipo de etiquetas. El sistema que implementaremos constaría de los siguientes accesorios:

- Etiquetas RFID.
- Lectores o transceptores.
- Antenas.
- Host central o subsistema de procesamiento de datos. (Equipo donde se instalará la herramienta.

*Etiquetas RFID* Están compuestas por un microchip y pueden ser activas o pasivas según lo que quieran invertir, la pasiva no requiere ninguna fuente de alimentación interna y solo se activa cuando un lector la encuentra dentro del rango de alcance y las activas requieren de baterías pequeñas como fuente de alimentación, se recomendarían las pasivas por el costo y éstas cuentan con una antena flexible instalada sobre una superficie plástica, el lector se utilizaría para leer y escribir información en la etiqueta, estas pueden ser impresas y pegadas en caja, pallet o sobre el producto. Esta etiqueta se pegaría al recibir y documentar la mercancía de los clientes.

#### *Lectores o transceptores*

Son los que darán lectura a la etiqueta, estos emiten una señal de radio una vez que la etiqueta se encuentra al alcance de un lector y hace que ésta se identifique. Es importante mencionar que este tipo de etiquetas pueden leerse a distancia sin necesidad de contacto físico, y sin necesidad de ser alineadas como actualmente lo hacen con los códigos de barras. En la figura 98, se muestra cómo usar el lector RFID.



Figura 98. Recepción de mercancía con RFID

Fuente: (Gescode, 2019)

Con esta implementación se mejoraría el proceso **de Recepción de Embarques de otras sucursales** puesto que ya no sería de manera manual, se reduciría el coste de mano de obra y se tendrían los siguientes beneficios:

- ✓ Identificación y localización de mercancías de manera inmediata.
- ✓ Lecturas rápidas de mercancía al pasar por los lectores lo cual optimizaría el tiempo para que las unidades de reparto puedan salir de una manera más rápida a repartir las entregas del día.
- ✓ Trazabilidad en tiempo real de todos los productos.
- ✓ Inventarios más rápidos y eficientes.

En la figura 99, se muestra un diagrama del procedimiento de recepción de embarques con tecnología RFID.

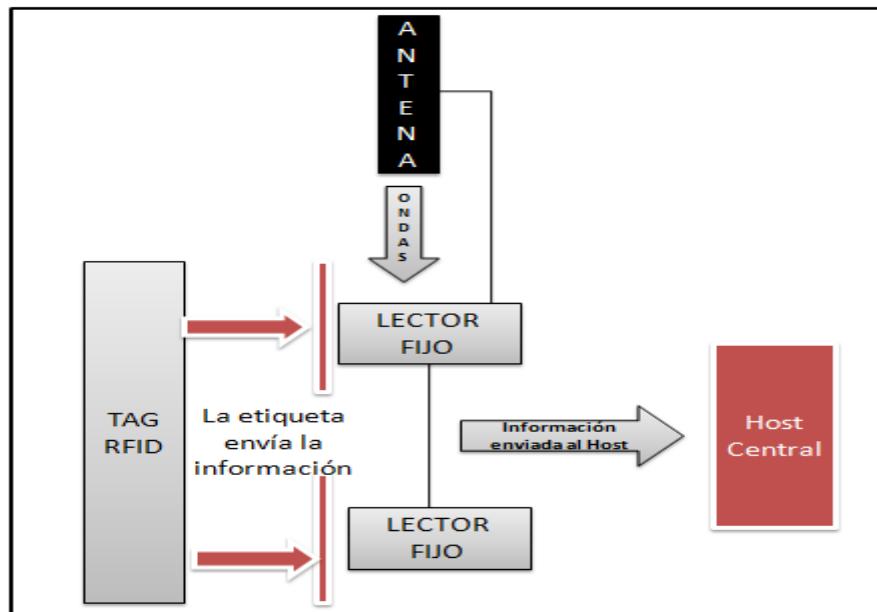


Figura 99. Diagrama de implementación RFID en la recepción de embarques

Fuente: Elaboración propia

La tecnología RFID facilita la automatización de todos los procesos manuales dentro de la bodega en la identificación de los productos, y la mano de obra puede ser reducida pero jamás sustituida ya que el factor humano sigue teniendo una principal participación dentro de la empresa y su grado de error será eliminado, siendo de esta manera los partícipes en la productividad, eficiencia y calidad del servicio que se va a prestar. La figura 100, muestra una arquitectura de implementación de tecnología RFID en un almacén.

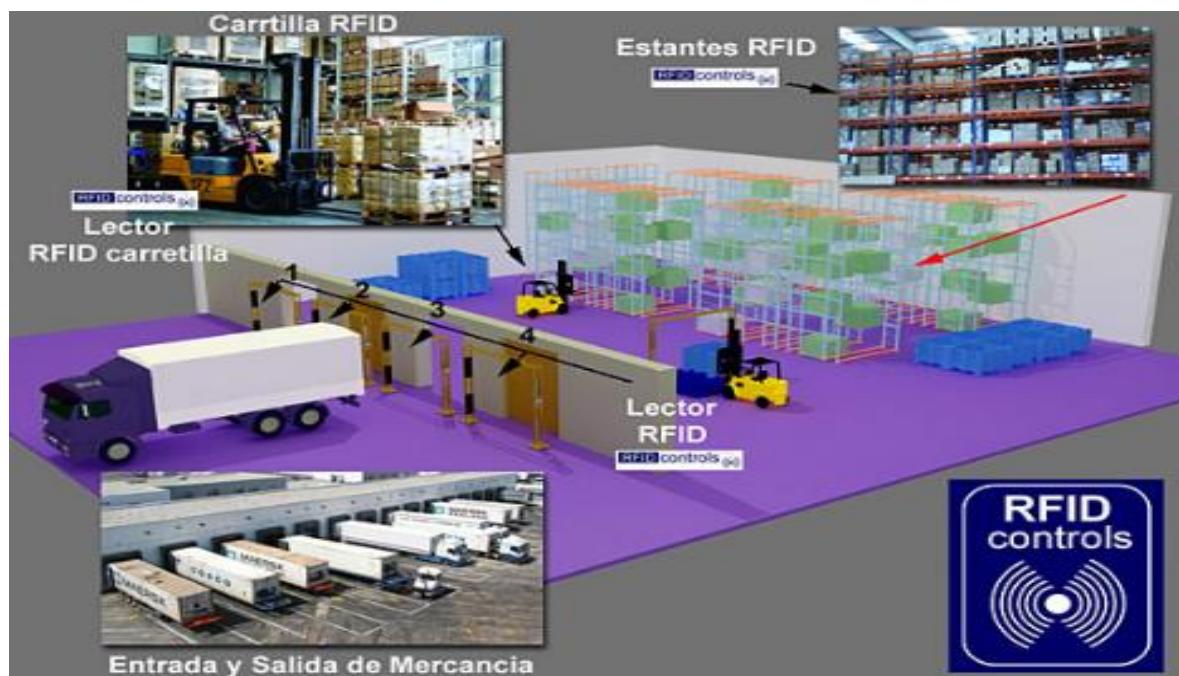


Figura 100. Arquitectura de recepción de mercancías con lectores RFID

Fuente: (RFID Controls, 2019)

### Proceso de Recepción de Embarques Locales

En este proceso es donde iniciaría la generación de etiquetas RFID, específicamente cuando los clientes llegan a documentar su mercancía, después de ser pesada y medida es decir después de ser cubicada.

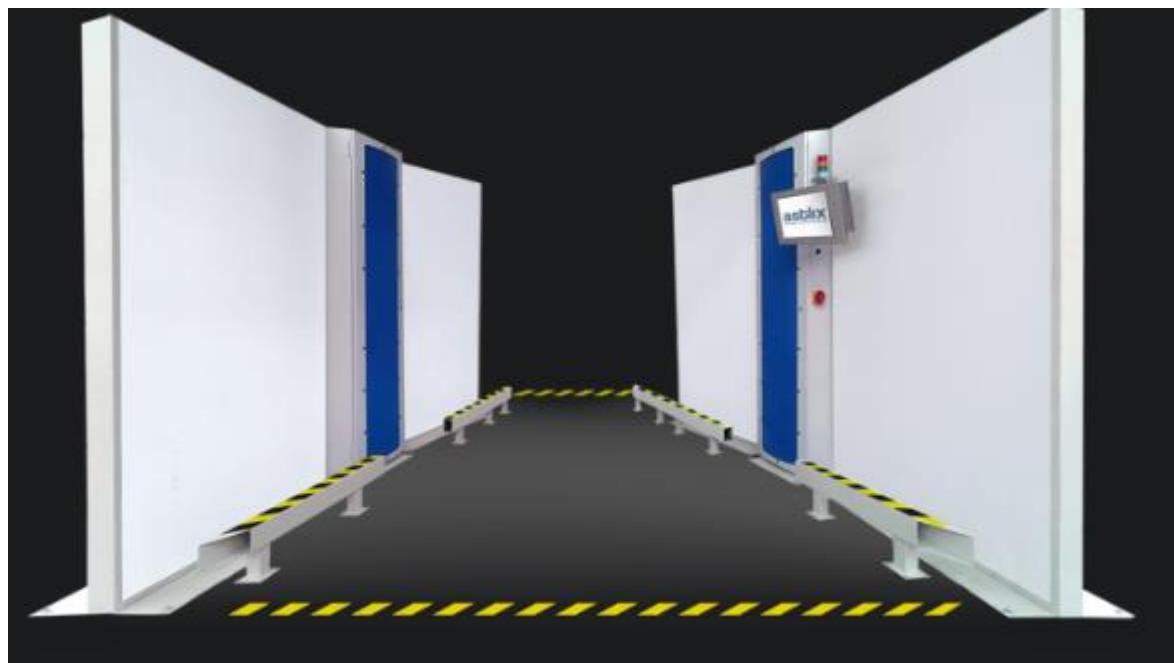


Figura 101. Portal RFID de entrada y salida de mercancía

Fuente: (Astlix-RFID, 2019)

El túnel de la figura 101, está diseñado para la entrada y salida de Centros de Distribución o Bodegas de Embarques y de recepción general de cualquier tipo de mercancía. Contiene un PC Touchscreen Industrial y Software especializado para administrar y cargar los pedidos. El software incluido puede enlazarse con cualquier sistema o Base de datos para intercambiar información, cuenta con sensores para la detección del montacargas o patines y puede iniciar la lectura de forma automática, impresora para la impresión de etiquetas de embarque, sistema de atenuación para evitar lecturas en áreas no deseadas y el portal puede ser diseñado a la medida de la necesidad de la Empresa. (Astlix, 2019)

Este túnel es el ideal para implementar la salida y entrada de mercancías tanto de recepción de embarques de otras sucursales y la de recepción de embarques local. En esta etapa para poder despachar a las unidades transportadoras tendríamos que usar las terminales móviles para crear la corrida con todo su contenido como las que se muestran en la figura 102.

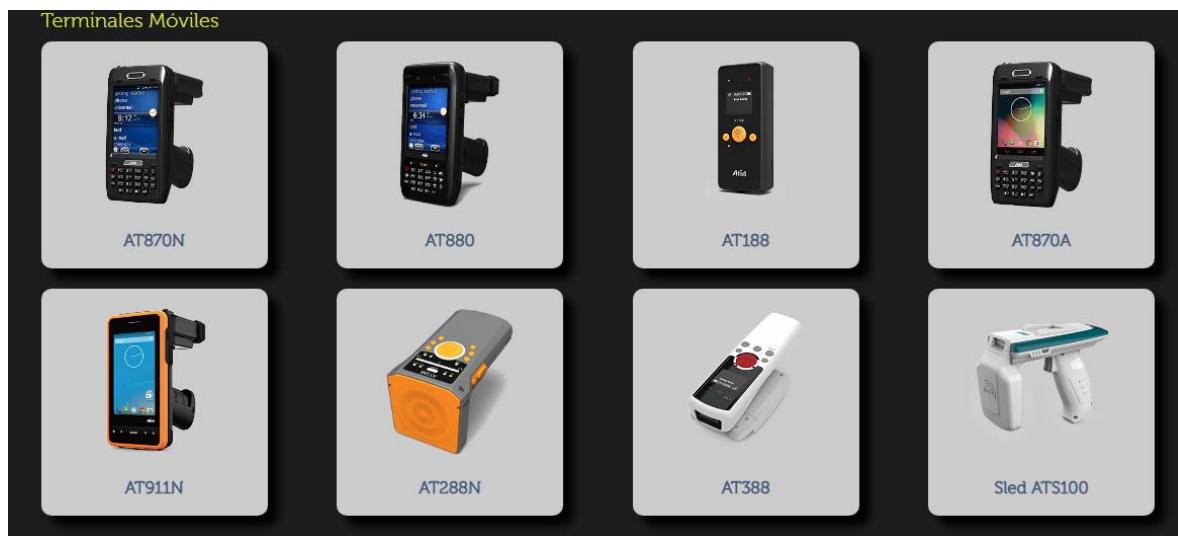


Figura 102. Tipos de terminales móviles para etiquetas RFID

Fuente: (Astlix-RFID, 2019)

Dentro de este proceso es necesario considerar el medio por el cual se van a imprimir las etiquetas para que después de pesar y documentar las mercancías que van a enviar los clientes se emita la cantidad de etiquetas RFID que serán pegadas para el rastreo de cada una de las cajas, tubos, tambos, barricas o cualquier tipo de mercancía que vaya a ser enviada por el cliente. Este factor es de suma importancia ya que sin etiqueta perderíamos por completo la trazabilidad de la mercancía. La impresora recomendada es la RZ Series como la que muestra en la figura 103, contiene un codificador RFID resistente construido para rastreo de productos, así como la impresión de las etiquetas inteligentes para los embarques.



Figura 103. Impresora de etiquetas RFID

Fuente: (Astlix-RFID, 2019)

## Entregas a Domicilio

Esta área sería otra de las beneficiadas al adoptar esta tecnología ya que tiene muchas áreas de oportunidad hoy en día debido a que se olvidan las mercancías en bodega, se llevan partidas de un mismo cliente incompletas esto derivado a que no existe ninguna alerta que en el momento diga que faltan cajas o bien que las mercancías que están subiendo a la unidad no están completas. En este proceso se generan muchos datos de vital importancia para la trazabilidad de la mercancía puesto que de aquí parten la salida de mercancía, su entrega y la obtención de ganancias para la sucursal.

Actualmente se tienen asignadas rutas a las unidades de reparto las cuales son propias de acuerdo con el mapa de la ciudad de Durango, las rutas están trazadas de manera que cualquier unidad puede cubrirlas ya que ninguna ruta es exclusiva de ninguna unidad. Se puede cambiar a cualquier unidad de reparto disponible la ruta que tenga pendientes las entregas, esto se logró a través de los códigos postales que son propios de cada zona del estado, se unificaron en rutas y de esta manera se pueden generar las listas de reparto.

Una vez que se genera la ruta del día con los talones a entregar a los domicilios de los clientes, en esta implementación se equiparán todas las unidades con lectores fijos para monitorear la mercancía en trayecto, y enlazar al celular de los choferes para que emita una señal de alerta en el celular en los casos antes mencionados, o bien, si están bajando la mercancía de los clientes y olvidan una caja en la unidad.

El lector RFID como el que se muestra en la figura 104, debe ser montados en el techo y puede monitorear áreas rectangulares de hasta 12 x 9 metros aproximadamente, cuando se monta a una altura de 3.5 metros y puede distinguir entre 13 diferentes zonas de lectura, con un patrón lineal en un plano para detectar los movimientos de tags en una dirección, y debido a que las unidades tienen cajas rectangulares, son perfectas para ser colocadas en el techo e incluso en los camiones de reparto para el mismo fin.



Figura 104. Lector speedway RFID para unidades de reparto

Fuente: (Astlix-RFID, 2019)

En esta etapa del proceso es donde se tiene una fuerte área de oportunidad debido a que por las prisas de salir temprano a repartir se dan errores al subir la mercancía a las unidades porque no se observa cuantas mercancías conforman una partida, por olvido o bien por descuido y ante una falta de supervisión la unidad sale y hasta el momento de estar con el cliente se dan cuenta que van incompletos, lo que ocasiona molestias y mala reputación con los clientes.

Actualmente ya se cuenta con una aplicación en el celular que tiene las opciones para emproblemar mercancía que no se entrega al final del día, o bien cuando se detectan errores como en el caso de no llevar la mercancía completa y para dar de baja la que se entrega de manera satisfactoria, y con el desarrollo de este proyecto se le va a añadir dentro de la misma aplicación la opción de que al final de subir toda la mercancía de reparto se haga una pre-relación con todas las cajas y mercancías de diferentes tamaños y enseguida pasar al departamento de EAD para que generen la lista real con la entrega de talones o cartas porte de cada una de ellas, al finalizar esta lista real el celular marcará alertas diciendo las partidas de mercancías que van incompletas de manera que los choferes de la unidad

puedan buscar la caja que falta y subirla a la unidad. En la figura 105, se muestra un prototipo de la aplicación.



Figura 105. Aplicación Tresguerras

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar la entrega de toda la mercancía el personal llega a esta misma área de entregas a domicilio a que se les liquide toda la mercancía que entregaron y enseguida pasan al área de cajas a liquidar el dinero para que se les libere la unidad para que al día siguiente puedan volver a salir a reparto. En esta actividad ya con la relación generada, y de acuerdo con la liquidación hecha en entregas a domicilio el cajero ya tiene las listas generadas de cada unidad a la cual solo le queda corroborar el efectivo, cobrarlo y liberar la unidad para que otro día pueda salir a reparto nuevamente.

## Área de Ocurre

Actualmente esta área también tiene una gran área de oportunidad debido a que es a donde acuden los clientes para recibir sus mercancías y hay horas pico en donde se hacen filas de 10 a 15 personas y el problema se presenta en la búsqueda de mercancías, motivo por el cual existe inconformidad por parte de los clientes.

En este proyecto en la bodega de reparto se recomienda la antena xArray que incluye un lector RFID y antenas dentro de un gabinete que debe ser montado en la bodega de reparto para monitorear áreas muy amplias de hasta 12 metros de diámetro cuando se monta a una altura de 4.5 metros. Esta antena puede distinguir entre 52 diferentes zonas de lectura con patrones horizontales y verticales para leer tag's en cualquier orientación. El lector puede leer miles de tag's rápidamente y pueden ser monitoreados dentro del área.

Para cubrir este aspecto se desarrollaría una aplicación en donde se pudieran buscar de manera rápida las órdenes de los clientes de tal manera que se puedan detectar en todas las ubicaciones que se pudieran tener las partidas, esto debido a que hay clientes que reciben mercancías irregulares, es decir, pueden recibir 10 tubos, 2 tambos los cuales se colocan en carriles de químicos, 3 cajas de alimentos los cuales están en carril de alimentos y 2 sobres. Este tipo de búsquedas son las que no permiten entregar de una manera rápida y con la aplicación nos daría el carril y ubicación donde realizar las búsquedas.

Para todas estas opciones la antena que se recomienda por sus características es la Antena Guardwall FCC ETSI que tiene como características un área de lectura controlada ajustadamente y un campo RFID muy intenso, crítico para penetrar profundo en empaques que viajan en bandas transportadoras o líneas de empaque.

En la figura 106, se muestra un prototipo de la aplicación para realizar búsquedas de mercancías en el área de ocurre donde a través de los lectores RFID proporcione la ubicación física exacta de la mercancía.



Figura 106. Aplicación de búsquedas de mercancías en área ocurre

Fuente: Elaboración Propia

## Conclusiones

En este documento se realizó una propuesta de trazabilidad de mercancías utilizando conceptos de Internet de las cosas a través de una cadena de suministro conectada utilizando tecnologías RFID para optimizar la búsqueda y localización de mercancías y así reducir el costo que implica la pérdida de mercancías al no ser entregadas a los clientes en tiempo y forma.

El uso de esta tecnología en la empresa Tresguerras es para poder llevar a cabo una trazabilidad en tiempo real de todas las mercancías que se desean transportar de una ciudad a otra ciudad, o al transportar mercancías de una sucursal a otra, así como el control de ingreso y egreso de cada una de las mercancías haciendo más eficientes los procesos para reducir tiempos que pueden ser aprovechados para el reparto eficiente de los paquetes.

Los beneficios que se lograrán en la eficiencia de la cadena de suministro se mencionan a continuación:

- Mayor precisión en los inventarios.
- Carga y descarga de los camiones más rápida y precisa.
- Localización de los productos dentro y fuera del almacén lo que facilitará la logística inversa.
- Reducción de pérdidas económicas.

En lo que respecta a los beneficios personales acarrea el aprendizaje en el desarrollo de la implementación de esta nueva tecnología desde la compra de los equipos, su instalación, el desarrollo de aplicaciones, la implementación del sistema y el resultado final, logrando el reconocimiento de la empresa por permitir la elaboración de esta propuesta.

Los beneficios para el lugar donde realizamos nuestros estudios, Instituto Tecnológico de Durango, es dar la oportunidad a que nuevos alumnos sean aceptados en las empresas debido al prestigio de la Institución, generando la confianza de que quienes ingresen a la elaboración de proyectos están avalados por los maestros, los cuales tienen licenciaturas, ingenierías, maestrías y años de trayectoria en donde han adquirido conocimientos y experiencias de trabajo satisfactorias.

En este proyecto adquirimos primeramente el conocimiento de cómo funciona la empresa, sus procesos, debilidades, fortalezas y todo aquello que no permitía que tuvieran el control de sus actividades. En base a la propuesta elaborada se logró hacer un prototipo que de ser implementado lograría mejorar

considerablemente las actividades y los procesos que se llevan a diario en la empresa. Así mismo, durante la elaboración de este proyecto logramos integrarnos con todo el personal de la compañía que en todo momento nos brindó el apoyo y el conocimiento para poder elaborar las mejoras que se propusieron incluyendo las aplicaciones, ya que éstas fueron diseñadas de manera que fueran funcionales y que minimizara los tiempos.

## Recomendaciones

Para que este proyecto pueda funcionar se les hizo hincapié que en todo momento las mercancías deben llevar una etiqueta de manera que siempre las puedan estar rastreando puesto que si alguna de ellas no la lleva consigo esta se perderá en la cadena de suministro porque pierde su trazabilidad en tiempo real.

Se les recomienda extender el uso de esta tecnología en todos los procesos que puedan adquirir futuramente de manera que vivan en un proceso de mejora continua y siempre de la mano de las innovaciones tecnológicas. Por último, se les recomiendan dar mantenimientos preventivos a la infraestructura que se adquiere de manera de no tener que estar reemplazando equipos.

## Referencias

- Alexandres F. S., Rodríguez-Morcillo G. C., y Muñoz F. J. D. (2006). RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia.
- Astlix-RFID (2019). Astlix identificación por radio frecuencia. [Imagen]. Recuperado de: <http://www.astlix-rfid.com.mx/>
- Bravo, P., y Patricio, H. (2018). *Evaluación de tecnologías inalámbricas de comunicación y protocolos de IoT usando LTE* (Tesis de licenciatura). Resuperado de: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/22803/1/Pachar%20Bravo%20Hever%20Patricio.pdf>

- Boreal Technologies (2019). Computador Móvil Robusto, Descripción del producto Zebra MC333R-GI3HG4US. Recuperado de <https://borealtech.com/producto/zebra-mc333r-gi3hg4us/>
- Carignano, M. F. (2017). NFC (Near Field Communication). Recuperado de: <https://rdu.iua.edu.ar/handle/123456789/462>
- Casanovas, E. S. (s.f.). Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC.
- Cisco Networking Academy (2019). Curso virtual: Internet de Todo. Recuperado de <http://www.netacad.com>
- Emasconsultores (2019). Beneficios seguridad cadena de suministro o ISO 28000. [Imagen]. Recuperado de <https://emasconsultores.es/iso-28000-cadena-de-suministro/>
- Ertransit (2018). Que es la trazabilidad. Recuperado de: <https://ertransit.com/trazabilidad-logistica-y-tipos-de-trazabilidad-existentes/>
- Evans, D. (2011). Internet de las cosas: Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. *cisco.com, abril de 2014.*
- García, J. M. C. (2016). Evaluación de tecnologías inalámbricas de área personal (Doctoral dissertation, Universidad de Málaga). Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=138321>
- Gescode (2019). RFID Una nueva experiencia en el punto de venta. [Imagen] Recuperado de: <http://www.gescode.es/RFID>
- Kelepouris, T., Pramatari, K., & Doukidis, G. (2007). RFID-enabled traceability in the food supply chain. <https://doi.org/10.1108/02635570710723804>
- Mitchell, S., Villa, N., Stewart-Weeks, M., & Lange, A. (2013). The Internet of everything for cities: connecting people, process, data and things to improve the livability of cities and communities. San Jose: Cisco.

Pascual, J. (2012). Diseño de objetos virtuales colaborativos orientados a servicios en el marco de Internet de las cosas. *Universidad de Oviedo*, Oviedo.

RFID Controls (2019). Sistemas de control RFID. [Imagen] .Recuperado de:  
<http://www.rfidcontrols.com/rfidcontrols/>

Sosa, L. C. I. (2017). Propuesta de un sistema de trazabilidad de productos para la cadena de suministro agroalimentaria. Recuperado de:  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/91067>

Zabala, M., Cuenca, L., León, J., & Cabrera, F. (2018). Arquitectura de acoplamiento entre INS/GPS para navegación precisa en trayectorias establecidas. *Maskay*, 8(1), 20-26.

