

**APORTES DE LA ARQUITECTURA *DEW COMPUTING* AL INTERNET DE LAS
COSAS: COMPARACIONES ENTRE IMPLEMENTACIONES PILOTO DE
AMBAS ARQUITECTURAS.**

JAVIER PINZÓN CASTELLANOS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA – UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TELEMÁTICA EN MODALIDAD INVESTIGACIÓN
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN - GTI
BUCARAMANGA
2018**

**APORTES DE LA ARQUITECTURA *DEW COMPUTING* AL INTERNET DE LAS
COSAS: COMPARACIONES ENTRE IMPLEMENTACIONES PILOTO DE
AMBAS ARQUITECTURAS.**

JAVIER PINZÓN CASTELLANOS

**Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Telemática, modalidad
investigación**

**Director
M.Sc. Miguel Cadena Carter**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA – UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TELEMÁTICA EN MODALIDAD INVESTIGACIÓN
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN - GTI
BUCARAMANGA
2018**

DEDICATORIA

*A mis padres por ser mi apoyo fundamental en todo
mi proceso académico y en la vida.
Éste trabajo ha sido posible gracias a ellos,
por confiar en mí.*

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer la colaboración de todos los socios dentro del proyecto Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas - CEA-IoT. El autor también desea agradecer a todas las instituciones que apoyaron este trabajo: el Ministerio de Tecnología de la Información y Comunicaciones - MinTIC de Colombia y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias, a través del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas - ID Proyecto: FP44842-502-2015.

APORTES DE LA ARQUITECTURA *DEW COMPUTING* AL INTERNET DE LAS COSAS: COMPARACIONES ENTRE IMPLEMENTACIONES PILOTO DE AMBAS ARQUITECTURAS

Javier Pinzón Castellanos, Autor.
Miguel Cadena Carter, Director.
Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB
2018

RESUMEN DEL PROYECTO

Dew Computing ó la computación de rocío o lágrima ha despertado gran interés en la academia, debido a la separación de los procesos de computación distribuida; donde se encuentran las capas de *Cloud Computing* (computación en la nube), *Fog Computing* (computación de niebla), *Edge Computing* (computación de borde) y por último *Dew Computing*. Estas capas están mencionadas de orden descendente (de mayor a menor) siendo *Dew Computing* la más cercana al usuario final. Esto se realiza para una mayor comprensión entre las tecnologías y procesos que en ellas se realizan permitiendo su diferenciación.

La arquitectura de *Internet of Things (IoT)* es un paradigma tecnológico que se está formando dentro del ecosistema de computación distribuida, por ende, se requiere resaltar la capa de *Dew Computing* y su aporte al modelo tecnológico.

Es por esto, que se realiza un estado del arte de las arquitecturas *Dew Computing* e IoT que permitan su comparación con el fin de saber su aporte de forma independiente y en dado caso, cómo podrían integrarse.

Se realiza una prueba piloto entre las arquitecturas y una integración de las misma para encontrar los aportes que un modelo del entrega al otro y por último, se plantean posibles escenarios de aplicación que evidencien los beneficios y déficit de la implementación de cada arquitectura en diferentes ámbitos sociales.

Palabras clave ---- *Dew Computing, Internet of Things, Fog Computing.*

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	
1. PROBLEMA, PREGUNTA E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. MARCO REFERENCIAL	14
4.1 MARCO CONCEPTUAL	15
4.1.1 <i>Internet of Things</i>	16
4.1.2 <i>Cloud Computing</i>	16
4.1.3 <i>Fog Computing</i>	17
4.1.4 <i>Edge Computing</i>	18
4.1.5 <i>Dew Computing</i>	22
4.2 MARCO TEÓRICO	23
4.3 ESTADO DEL ARTE	25
4.3.1 Revisión sistemática de la literatura	25
4.3.2 Análisis estado del arte	31
4.4 MARCO CONTEXTUAL Y ANTECEDENTES	32

4.5	NORMAS Y ESTÁNDARES	33
4.5.1	Normatividad colombiana	33
4.5.2	Estándares y documentos de referencia	34
4.6	EMPRESAS TECNOLÓGICAS	35
4.6.1	<i>Microsoft Azure IoT Edge</i>	36
4.6.2	<i>Amazon IoT GreenGrass</i>	37
5.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INVESTIGATIVO	39
5.1	ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
5.2	FASES Y ACTIVIDADES	40
5.2.1	Elaboración del estado del arte de <i>Dew computing</i>	40
5.2.2	Análisis comparativo entre frameworks para <i>Dew Computing</i>	40
5.2.3	Dispositivo para pruebas	41
5.2.4	Pruebas de ambas arquitecturas	46
5.2.5	Análisis de pruebas	52
6.	RESULTADOS	55
6.1	REVISIÓN COMPARATIVA DE <i>DEW COMPUTING E IOT</i>	55
6.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE <i>DEW COMPUTING CON IOT.</i>	60
6.2.1	Física	62
6.2.2	Economía	63
6.2.3	Ubicación	63
6.3	OPORTUNIDADES QUE BRINDA <i>DEW COMPUTING</i>	64

6.3.1	Manejo de la energía	64
6.3.2	Procesamiento	64
6.3.3	Almacenamiento	64
6.3.4	Protocolos de comunicación	65
6.3.5	Lenguajes de programación	65
6.3.6	Seguridad de los datos	65
6.3.7	Visualización de los datos	65
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
8.	REFERENCIAS	68

LISTADO DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Arquitectura de referencia para computación distribuida inteligente.	15
Figura 2. Arquitectura de referencia de <i>IoT</i>	16
Figura 3. Arquitectura de referencia de CC	17
Figura 4. Arquitectura Fog y Cloud Computing	18
Figura 5. Arquitectura Device Edge	20
Figura 6. Arquitectura Cloud Edge	21
Figura 7. Arquitectura de referencia Dew Computing	22
Figura 8. Tendencia de <i>Dew Computing</i>	26
Figura 9. Tendencia comparativa <i>Dew Computing</i> y <i>Fog Computing</i>	27
Figura 10. Promedio de búsquedas <i>Dew</i> y <i>Fog</i> entre 1/1/16 á 1/1/18.	27
Figura 11. Comparativo entre tendencias <i>Dew Computing</i> e <i>Internet of Things</i>	28
Figura 12. Promedio de búsquedas <i>Dew</i> e <i>IoT</i> entre 1/1/16 á 1/1/18.	29
Figura 13. Indicador de Vendedores Plataformas de <i>IoT</i>	36
Figura 14. Arquitectura de <i>Azure IoT Edge</i>	36
Figura 15. Arquitectura de <i>AWS Greengrass</i>	38
Figura 16. Comparativa de tendencias entre frameworks	41
Figura 17. Esquemático del Prototipo	43
Figura 18. Diagrama del <i>hardware</i> de la prueba piloto.	43
Figura 19. Implementación en el sitio.	44
Figura 20. Lenguajes de Programación utilizados para <i>IoT</i> .	45
Figura 21. Estructura del <i>software</i> utilizado para la plataforma <i>Dew</i> .	46
Figura 22. Estructura modular del <i>software</i> para <i>Dew Computing</i> e <i>IoT</i> .	47
Figura 24. Comparativo de resultados entre <i>IoT</i> e <i>Dew Computing</i>	54
Figura 25. Valor del dato en <i>IoT</i>	61
Figura 26. Valor del dato en <i>Dew Computing</i>	62

LISTADO DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Comparativo encontrado entre las bases de datos.	29
Tabla 2. Comparativa de Tarjetas de Placa Única.	42
Tabla 3. Pruebas de IoT	49
Tabla 4. Resumen de Pruebas para <i>Dew Computing</i> .	51
Tabla 5. Tabla comparativa de pruebas para <i>throughput (goodput)</i>	53
Tabla 6. Comparativo sencillo entre arquitecturas	55
Tabla 7. Comparativo característico entre IoT y <i>Dew Computing</i> .	56
Tabla 8. Comparativo técnico entre IoT y <i>Dew Computing</i> .	57

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se están presentando nuevos paradigmas de computación distribuida inteligente, un adjetivo para referirnos a un dispositivo que aprende de manera rápida y eficaz y que dispone de un desempeño en una labor. También el término inteligente se encuentra una estrecha vinculación con la manera de realizar bien las actividades, analizar y entender situaciones que se le presentan.

La inteligencia nos permite comprender las cuestiones, elaborarlas y luego, el resultado de ello, lo pone al servicio de la solución de los problemas que se suscitan, o en su defecto, de la toma de decisiones ante las diversas elecciones que se plantan frente a nosotros en la vida. Porque la inteligencia lo que hará es inclinar la balanza hacia aquella opción, alternativa, más conveniente al estado de cosas que corresponda.

El presente trabajo de investigación es resultado de la labor llevada a cabo como trabajo de grado, donde se desarrolla los aportes potenciales del *Dew Computing* a las tecnologías *IoT*, con base en comparaciones realizadas a partir de la revisión bibliográfica y de la realización pruebas en diferentes contextos de aplicación, en el marco del programa de Maestría en Telemática de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB. Éste trabajo permitirá servir como base para futuros proyectos de investigación realizados por el autor y otros que encuentren interés en este tema y de esta manera favorecer a la comunidad científica en el área. Esta investigación consta con una estructura capitular de seis capítulos, a saber:

- Capítulo 1: Problema, Pregunta e Hipótesis de Investigación.
- Capítulo 2: Justificación.
- Capítulo 3: Objetivos del proyecto de investigación. Se establecen las metas a alcanzar con el desarrollo del proyecto.
- Capítulo 4: Marco referencial. Se presentan el conjunto de teorías que permiten dar soporte a la investigación y está subdividido en: (1) Marco conceptual: en el cual se encuentran los conceptos fundamentales del proyecto: *Cloud Computing*, *Fog Computing*, *Edge Computing*, *Dew*

Computing, Internet of Things (IoT); (2) Marco teórico: se trata una teoría, concepto y configuración de *Dew Computing*; (3) Estado del arte: contiene una revisión de la temática existente en *Dew Computing*.(4) Marco Contextual: presenta el enfoque del proyecto y donde se llevaron a cabo algunos escenarios del proyecto; (5) Normas y Estándares: presenta las normas y estándares que rodea al proyecto. (6) Líderes o Empresas que aportan, rodean y desarrollan este tipo de arquitectura tecnológica.

- Capítulo 5: Descripción del proceso investigativo. (1) Enfoque y tipo de investigación. (2) técnicas e instrumentos de recolección de información. (3) Fases y Actividades: donde se detallan las actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, desarrolladas en cuatro fases: (a) Elaboración del estado del arte sobre la arquitectura *Dew Computing* y *Edge Computing*; (b) Selección de *hardware* y *software* de la arquitectura; (c) Configuración de los componentes de *hardware* y *software* para que operen dentro de una arquitectura *Dew Computing* que evidencien su funcionamiento; (d) Realizar las mediciones comparativas, que demuestren la funcionalidad de *Dew Computing* e IoT.
- Capítulo 6: Resultados. Se presentan los resultados obtenidos producto de los objetivos y fases definidas en la investigación: (1) Un estado del arte que contiene la revisión de la literatura sobre la arquitectura *Dew Computing*; (2) Resultado de las mediciones comparativa en cuanto a características de cada arquitectura y que evidencien el beneficio de *Dew Computing* e IoT.
- Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones. Con base en el desarrollo y aplicación del proyecto, se realizan las conclusiones teniendo en cuenta los resultados.

1. PROBLEMA, PREGUNTA E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Actualmente los dispositivos utilizados para el *IoT*, presentan dificultades con respecto a la conectividad y el manejo de la información a través de los canales de comunicación, debido a esto se crea la necesidad de una nueva capa de procesamiento a nivel de dispositivos.

La investigación plantea identificar la relación existente entre las arquitecturas *Dew* con *IoT*, en qué escenarios se reemplazan y/o complementan. Por ello se proyecta un análisis comparativo entre arquitecturas *Dew Computing* e *IoT*. Donde se encuentren las diferentes temáticas, escenarios y sectores donde se desarrollan de manera eficiente y transparente.

La arquitectura *Dew Computing* mejorar la capacidad de comunicación, almacenamiento y procesamiento dentro de la arquitectura de Internet de las Cosas.

2. JUSTIFICACIÓN

El propósito de la investigación es realizar un estudio de la nueva arquitectura llamada *Dew Computing* que complementa a *Fog Computing* y *Cloud Computing* resaltando su importancia, e identificando la relación que existe entre ellas. Adicionalmente evidenciar su funcionamiento y características apreciables como el procesamiento a nivel de sensores y la utilización de herramientas de trabajo (*frameworks*) comerciales en ambientes académicos, mostrando escenarios donde se puede hacer uso de la arquitectura *Dew*.

La pertinencia de la investigación es dar a conocer que existe y está surgiendo la nueva capa de procesamiento, comunicaciones y almacenamiento, donde se pueda dar solución a las dificultades que presenta el *IoT*. Identificar en qué situaciones *Dew Computing* le aporta al *IoT* logrando así una reducción en el procesamiento en la nube y costos adicionales.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Es presentado los objetivos del trabajo de investigación.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar los aportes potenciales del *Dew Computing* a las tecnologías *IoT*, con base en comparaciones realizadas a partir de la revisión bibliográfica y de la realización pruebas en diferentes contextos de aplicación.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar las arquitecturas *Dew Computing* e *IoT*, con base en la revisión de literatura.
- Analizar las ventajas y desventajas de la arquitectura *Dew Computing* con *IoT*, mediante la realización de pruebas en diferentes escenarios de aplicación.
- Identificar las oportunidades que brinda *Dew Computing* para el fortalecimiento de la arquitectura *IoT*, teniendo en cuenta el análisis anterior.

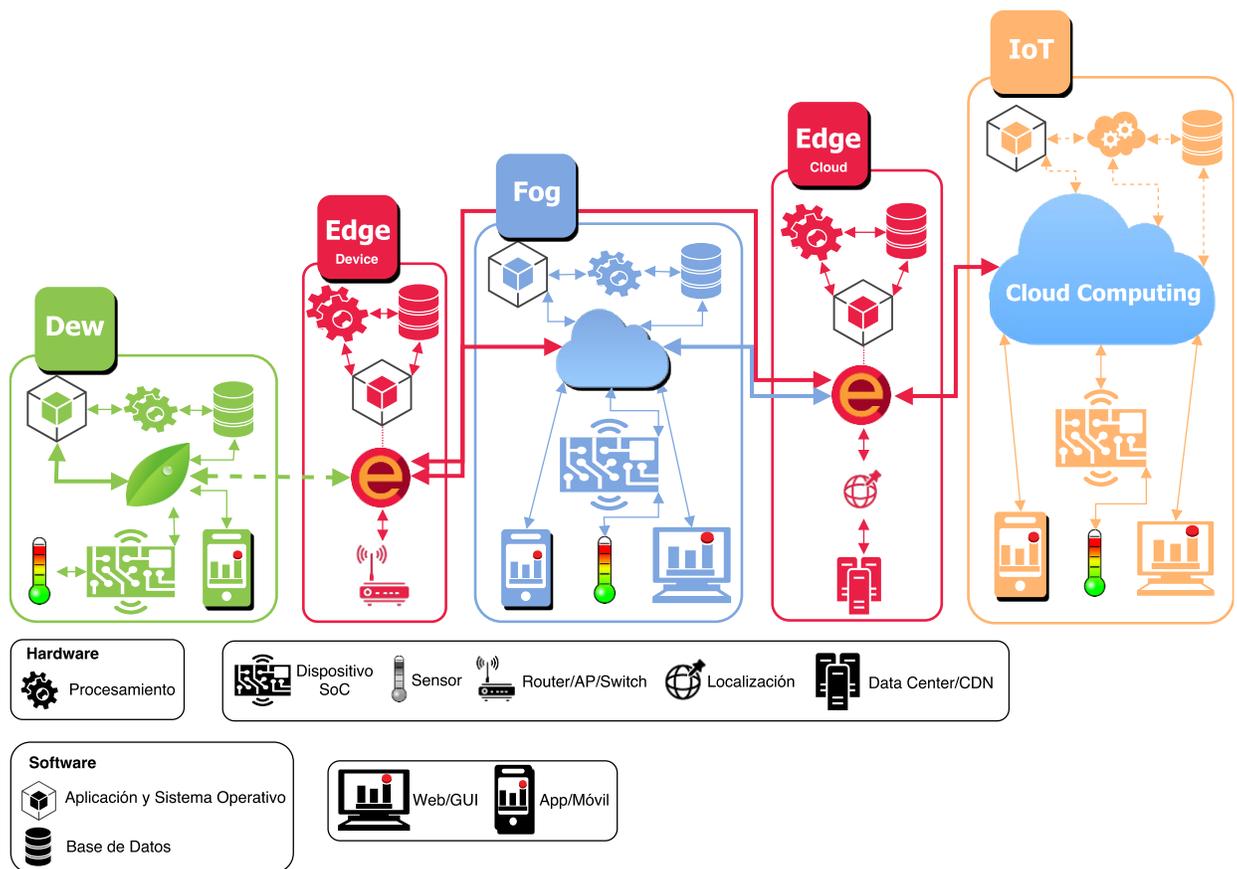
4. MARCO REFERENCIAL

Es presentado el marco referencial del trabajo de investigación desarrollados en el marco conceptual, teórico, contextual, legal y estado del arte del proyecto.

4.1 MARCO CONCEPTUAL

Son presentados los conceptos utilizados para trabajo de investigación, para mayor entendimiento se desarrolla un esquema explicativo de cada concepto y su posición jerárquica.

Figura 1. Arquitectura de referencia para computación distribuida inteligente.

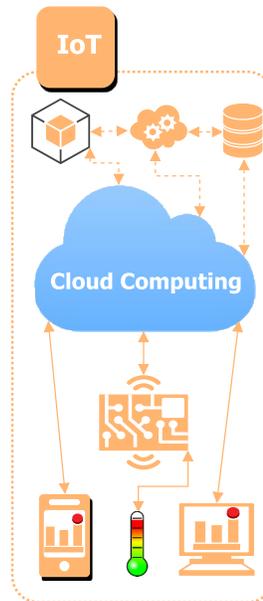


Fuente: Autor.

4.1.1 *Internet of Things*

IoT por sus siglas en inglés, término para el “Internet de las Cosas”, es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con la Internet. El Internet de las cosas se encuentra en el punto en el cual se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas. Si los objetos de la vida cotidiana tuvieran incorporadas etiquetas, podrían ser identificados y gestionados por otros equipos, de la misma manera que si lo fuesen por seres humanos. (Chang, Chen, Chen, & Chao, 2012)

Figura 2. Arquitectura de referencia de *IoT*



Fuente: Autor.

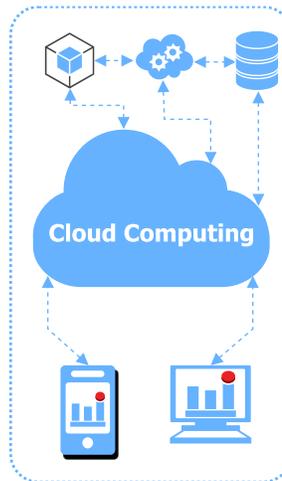
4.1.2 *Cloud Computing*

“Computación en la nube” términos en español para un concepto tecnológico utilizado para definir la adopción de una arquitectura, que utiliza diferentes tipos de servicio: Software como Servicio (SaaS), Plataforma como Servicio (PaaS) e Infraestructura como Servicio (IaaS).

El crecimiento de los modelos de entrega o despliegue de la nube (privada, pública, híbrida y comunitaria) ofrecidos por multitud de proveedores, han hecho habituales la terminología para las estrategias empresariales o centros de investigación. En la figura 2. se muestra la arquitectura de referencia conceptual de *Cloud Computing*,

localizando los usuarios auditores de nube, el proveedor, conectores de nube, donde todo en conjunto es un operador de nube. (Mell & Grance, 2011)

Figura 3. Arquitectura de referencia de CC

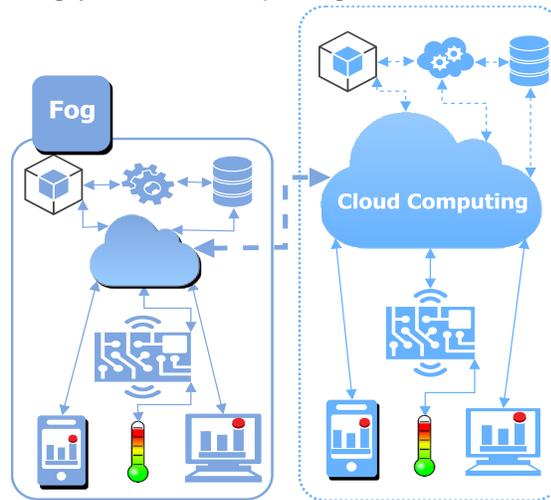


Fuente: Autor.

4.1.3 *Fog Computing*

La computación de niebla, es un concepto tecnológico utilizado para definir la adopción de una arquitectura preparada para realizar procesamiento de datos y aplicaciones en el borde de la red, en vez de utilizar la nube. Aunque la conexión con la nube no se pierde, esto facilita el manejo de los componentes de la nube como, almacenamiento y administración de red. Donde los elementos tecnológicos conectados al *Fog Computing* son más rápidos utilizando esta herramienta, reduciendo la carga de los centros de datos y logrando mejores tiempos de respuesta. El conocimiento de ubicación y distribución geográfica, las redes de sensores y los nodos a gran escala, el procesamiento en tiempo real cercano, el predominio del acceso inalámbrico y la interoperabilidad entre los diferentes servicios son características destacadas dentro del paradigma. (Lorga (NIST) et al., 2017)

Figura 4. Arquitectura Fog y Cloud Computing



Fuente: Autor.

4.1.4 Edge Computing

Edge o borde es la capa de red que abarca los dispositivos finales inteligentes y sus usuarios para proporcionar, por ejemplo, capacidad informática local en un sensor de medición u otros dispositivos a los que se puede acceder por red.

Esta capa periférica a menudo se denomina computación de niebla que está erróneamente, pero existen diferencias clave. La niebla funciona con la nube, mientras que el borde se define por la exclusión de la nube y la niebla.

La niebla es jerárquica y el borde tiende a limitarse a un pequeño número de capas periféricas y La niebla se ocupa de la conexión en red, el almacenamiento, el control y la aceleración del procesamiento de datos entre ellos cálculos definidos. (Lorga (NIST) et al., 2017)

Edge computing está en sus comienzos. Al igual que con muchas de las tecnologías emergentes es confuso para los usuarios.

4.1.4.1 *Device Edge*

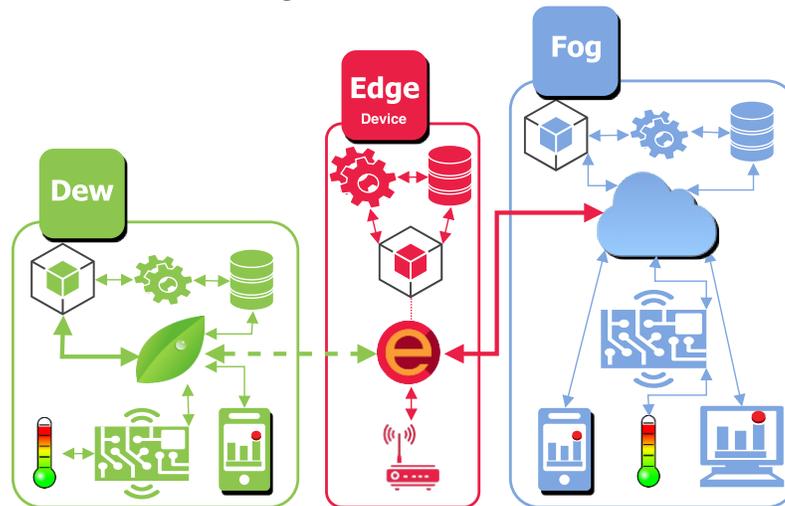
Borde del dispositivo en su traducción al español, es el primer modelo donde los clientes instalan y ejecutan un software en el borde donde están los sensores y aplicaciones existentes. El hardware puede ser dedicado para el borde o compartido con otros servicios.

En muchos escenarios, los dispositivos de borde se ejecutan en dispositivos de baja potencia que utilizan procesadores *ARM*. Por ejemplo, los camiones son conectados y pueden llevar una computadora embebida (*SoC*) en sistema integrado donde se ejecuta el software de borde. Todos los sensores hablan con el dispositivo local de borde, que administra la conectividad hacia la siguiente capa. Estos dispositivos que se ejecutan en el borde manejan la comunicación máquina a máquina (*M2M*) proporcionando una red intra-sensor, mientras que también almacenan los datos localmente. Cuando el borde gana mayor conectividad, sincronizan los sensores en el estado actual con los sensores de la nube.

El escenario anterior está ejecutando un dispositivo especializado que actúa como la puerta de enlace para un IoT local que imita las capacidades de una nube pública, esta arquitectura de computación de borde se llama *Device Edge* en el que los clientes poseen el hardware donde ejecutan el software de borde.

AWS Green Grass y *Microsoft Azure IoT Edge* son ejemplos de software de borde del dispositivo. Ambos son servicios que llevan el registro, los estados, la comunicación, el almacenamiento local y las capacidades de sincronización del dispositivo.

Figura 5. Arquitectura Device Edge



Fuente: Autor.

4.1.4.2 Cloud Edge

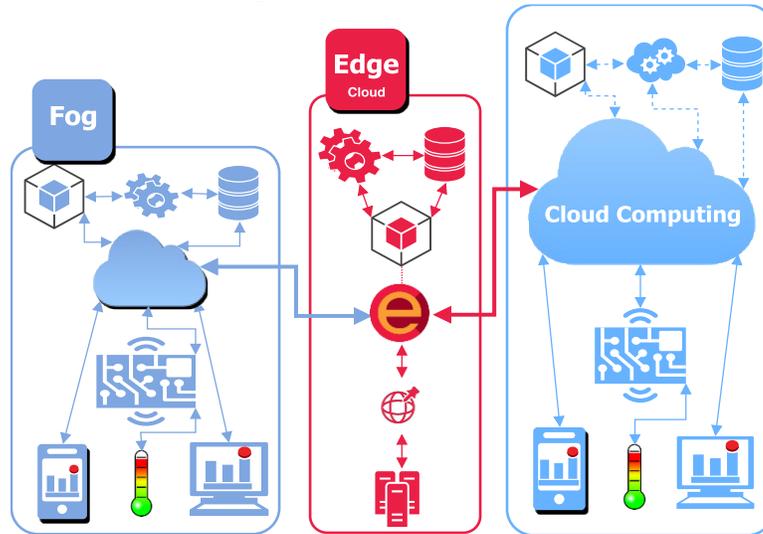
A diferencia del Device Edge, el proveedor de la nube será el propietario y mantendrá el Cloud Edge. Para propósitos prácticos, es una extensión de la nube disponible en una forma altamente distribuida. Cloud Edge se convertirá en una microzona, una extensión lógica de la jerarquía existente de regiones y zonas. Las microzonas se extenderá a la nube a miles de nuevas ubicaciones, permitiendo a los desarrolladores mantener las aplicaciones más cerca de los consumidores.

Al ofrecer la ventaja de la nube a los desarrolladores y consumidores, los proveedores de la nube se asociarán con los operadores de telecomunicaciones los cuales tienen una gran cantidad de torres de telefonía celular que se pueden replicar como mini centros de datos que ejecutan poder de cómputo, almacenamiento y redes.

Los proveedores de nubes pueden alojar microzonas en estas torres celulares, lo que puede extender dramáticamente su alcance. Las empresas emergentes como *Vapor IO* están intentando construir la infraestructura para el borde de la nube. El proyecto *Volutus* de *Vapor IO* intenta construir la red de centros de datos distribuidos al colocar miles de mini centros de datos en la base de las torres de telefonía celular que están conectadas directamente a las redes inalámbricas de alta velocidad.

Crown Castle, el mayor proveedor estadounidense de infraestructura inalámbrica compartida, no solo es socio de *Vapor IO*, sino también inversor. La combinación de activos de *Crown Castle* de aproximadamente 40,000 ubicaciones de torres y gran huella de fibra metropolitana eventualmente ejecutará la nube *Edge* impulsada por *Project Volutus*.

Figura 6. Arquitectura Cloud Edge



Fuente: Autor.

La diferencia fundamental entre el borde del dispositivo y el borde de la nube reside en los modelos de despliegue y fijación de precios. El borde del dispositivo vive más cerca del origen de los datos y aborda los requisitos de procesamiento casi en tiempo real. Como se ejecuta en el hardware del cliente, aumenta el *CAPEX* (*Capital Expenditure* - gastar todo el dinero de golpe en ese bien) y el *TCO* (*Total Cost of Ownership* - precio total de adquisición de ese bien). *Cloud Edge* es un modelo de implementación de bajo contacto en el que el proveedor de la nube es responsable de la infraestructura. Disfruta de los mismos beneficios de la nube pública, como *OPEX* (*Operating Expenditure* - pago de cuotas mensuales de alquiler por ese bien) y la administración centralizada.

La próxima generación de aplicaciones contará con la ventaja para ofrecer experiencias de usuario mejoradas. Los modelos de implementación, borde del dispositivo y borde de la nube, están alineados con diferentes casos de uso. Muchas aplicaciones pueden aprovechar ambos modelos de implementación. (MSV, 2017)

4.2 MARCO TEÓRICO

El marco teórico de la investigación fue enfocado en la teoría de (Skala, Davidovic, Afgan, Sovic, & Sojat, 2015), que explica el concepto de *Dew Computing*.

Las nuevas generaciones de dispositivos inteligentes son capaces de procesar datos localmente en lugar de enviarlos a la nube o cualquier otro sistema computacional para procesamiento, esto permite una nueva área de posibilidades como el *Dew Computing*, una arquitectura de computación que proporciona servicios de datos, computación, almacenamiento y aplicaciones más cerca del cliente o del usuario.

Esta arquitectura permite gestionar datos con dispositivos inteligentes y en el lado del usuario final (por ejemplo, dispositivos móviles), en lugar de enviar datos a una ubicación en la nube para su procesamiento como IoT.

El objetivo de la *Dew Computing* es mejorar la eficiencia mediante el procesamiento directo de datos (por ejemplo, dispositivos inteligentes como computadores de placa reducida o única en inglés: *Single Board Computer* o *SBC*), reduciendo así la cantidad de datos que hay que transferir para el procesamiento fuera de la arquitectura, y mantener los datos más cerca al usuario, aumentando así la seguridad que es uno de los problemas en *Cloud Computing*. Las características distintivas de *Dew Computing* son su proximidad a los usuarios finales, su capacidad de procesamiento *on-premise* (en sitio) y su apoyo a la movilidad, así como su potencial para mejorar la seguridad y servicios con aplicaciones. El *Dew Computing* se ubica entre, el usuario y la red, lo que reduce el retardo y mejora la calidad del servicio (*Quality of Service* - *QoS*), lo que da como resultado un nivel superior de funcionalidad de computación *on-premise*.

Al ser una nueva solución conceptual para abordar las demandas del creciente número de dispositivos orientados a Internet, denominado Internet de las Cosas (*IoT*). El término cosa se refiere a cualquier objeto que pueda capturar datos y al que se pueda asignar una dirección de *IP*, proporcionándole así la capacidad de transferir datos a través de una red a un entorno de computación en la nube; donde hay un gran número de cosas conectadas a internet que son capaces de producir grandes cantidades de datos, para lo cual el *Dew Computing* desempeñará un papel

relevante para la reducción en el retardo en las aplicaciones móviles. Al tener una transferencia de una gran cantidad de datos desde sensores a sistemas de procesamiento a distancia pueden ser ineficiente y posiblemente conduce a una sobrecarga de red innecesaria que puede dar lugar a caídas de rendimiento, seguridad y pérdidas de contenido. Siendo *Dew Computing* una opción para la analítica en tiempo real cercana al usuario y una generación de conocimiento académico.

Las arquitecturas *Cloud Computing*, *Fog Computing* y *Edge Computing* en contraste con *IoT*, se basan en el procesamiento orientado a la información en lugar de orientado a los datos, lo que requiere nuevos protocolos más flexibles y modelos de programación más productivos. En este sentido, los datos (sin procesar) no son información, mientras que la información son datos con adición de metadatos. Los metadatos colocan a los datos en un contenido específico que permite análisis más extenso y el concepto de *Dew* es procesarlos dentro del dispositivo inteligente del usuario.

Las arquitecturas de computación existentes, operan con enormes cantidades de datos brutos generados por las “cosas” específicas, a través de servicios predefinidos como los diferentes accesos a internet, es por ello que se resalta la arquitectura de *Edge Computing* donde se complementa con la capa de *Dew*, *Fog* y *Cloud* con el procesamiento y almacenamiento en puntos donde los datos viajan y pueden ser procesados, depositados y reenviados según el requisito solicitado, facilitando la reducción de los datos hacia su destino.

Los servicios deben ser adaptados y específicos de la aplicación, lo que requiere decisiones basadas en datos; Por lo que *Dew Computing* se encarga de esta decisión de procesar los datos, convertirlos en información y tomar la decisión si enviarlos o no. Por otro lado, el *IoT* solo es responsable de recopilar los datos brutos de los sensores y llevarlos hacia la nube donde son convertidos en información y tomar la decisión si son enviados o no a otro sistema, por lo tanto, *Dew* es el único componente del ecosistema informático que es completamente ajustado con procesamiento *on-premise*. (Skala et al., 2015)

4.3 ESTADO DEL ARTE

Para desarrollar el estado del arte, se realizó la revisión bibliográfica académica de los diferentes tipos de arquitecturas en las que se resalta **Dew Computing**; Se construye un comparativo de las diferentes arquitecturas con los temas correspondientes a cada una.

4.3.1 Revisión sistemática de la literatura

Para la revisión de la literatura se realiza una búsqueda en las diversas bases de datos, donde se limita a las dos palabras “*Dew Computing*”.

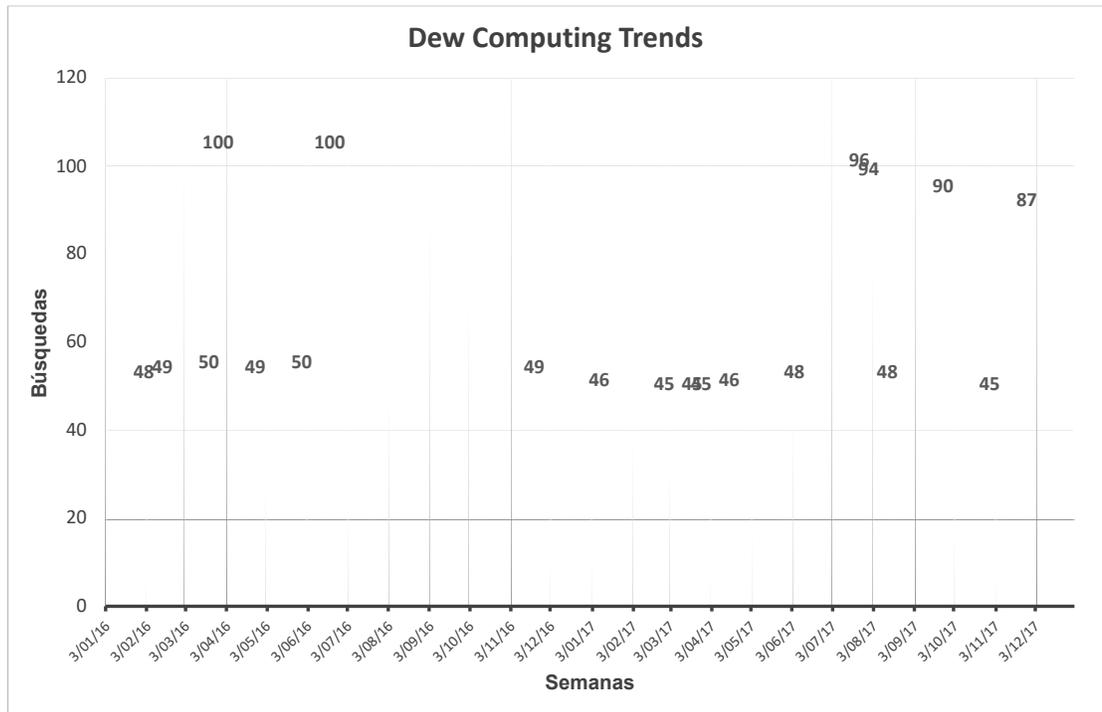
Código de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ("dew computing")

En las siguientes bases de datos mostradas en la tabla 1, se realiza la búsqueda y se encuentran las diferentes publicaciones.

En base a los resultados de la búsqueda en el medidor de tendencias *Google Trends*, da a conocer durante un año cómo se comporta la preferencia de la tecnología en el sistema de búsquedas de *Google*, se muestra en la figura 8.

También se puede resaltar que el concepto de *Fog Computing* dentro del criterio de búsqueda anterior pero aumentando un año más del rango de búsqueda, esto el con el fin de identificar el inicio de la arquitectura *Fog Computing* como tendencia dando a conocer por la comunidad académica y mostrar el comportamiento de esta tecnología facilitando una pauta prometedor, como se muestra en la figura 9.

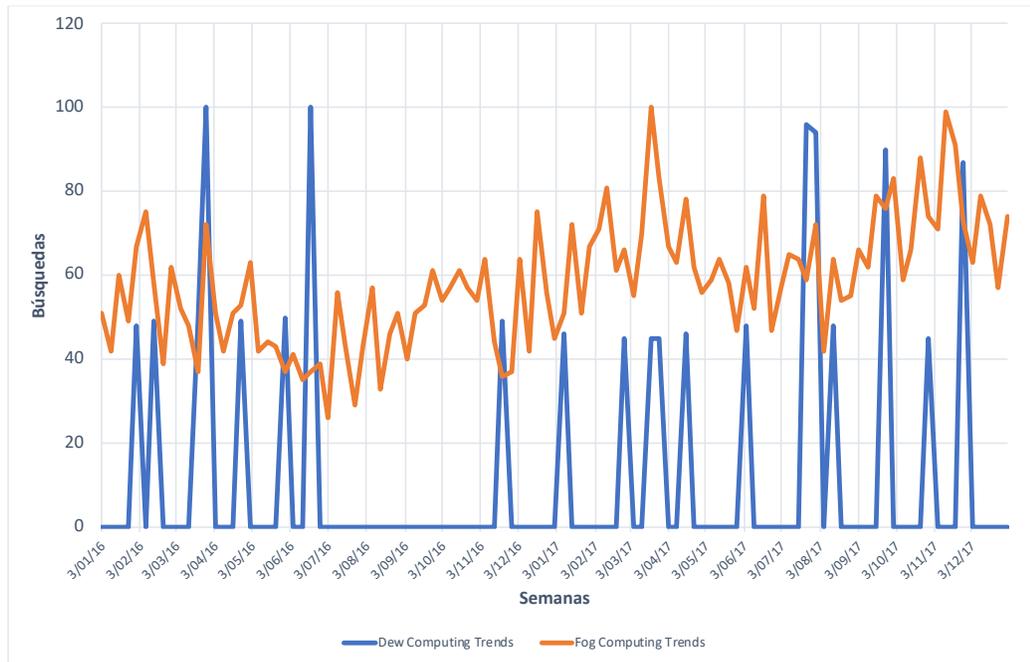
Figura 8. Tendencia de *Dew Computing*



Fuente: Autor basado en *Google Trends*.

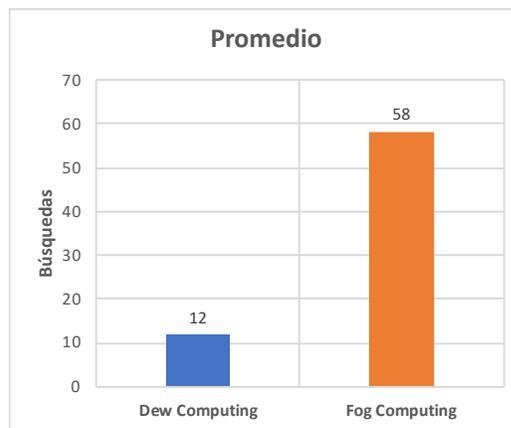
Para la figura 10, se muestra el análisis estadístico del promedio, en la cual da como resultado 58 búsquedas por día en *Fog Computing* comparado con 12 búsquedas por día de *Dew Computing*. Los resultados presentados no identifican tipo de documento, solo la utilización del código de búsqueda utilizando anteriormente para ambas tecnologías. Por lo anterior esto genera un indicador de interés por esta tecnología en la comunidad.

Figura 9. Tendencia comparativa *Dew Computing* y *Fog Computing*



Fuente: Autor basado en *Google Trends*.

Figura 10. Promedio de búsquedas *Dew* y *Fog* entre 1/1/16 á 1/1/18.

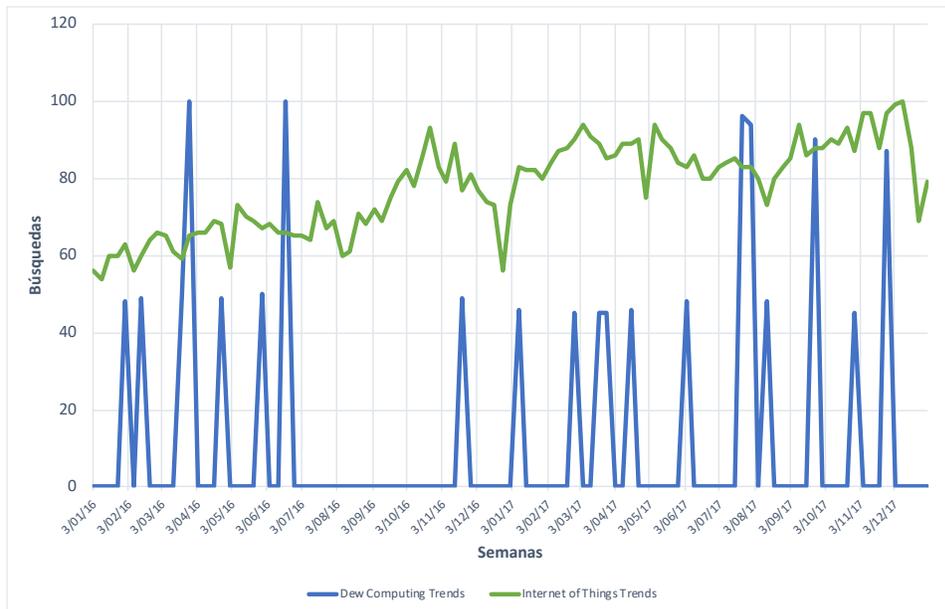


Fuente: Autor.

Cabe resaltar que el concepto de *Internet of Things* está dentro del criterio de búsqueda anterior y de comparación entre arquitecturas pero esta tiene mayor

tiempo de maduración del concepto por ello se realiza con el fin de identificar el inicio de la arquitectura *Dew Computing* como tendencia dando a conocer por la comunidad académica y mostrar el comportamiento de esta tecnología facilitando una pauta prometedora, como se muestra en la figura 11.

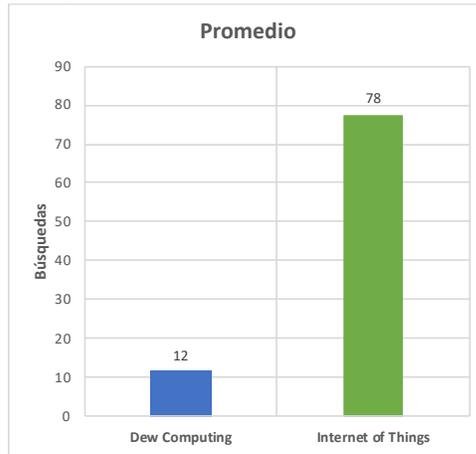
Figura 11. Comparativo entre tendencias *Dew Computing* e *Internet of Things*



Fuente: Autor.

Para la figura 12, se muestra el análisis estadístico del promedio, en la cual da como resultado 78 búsquedas por día en *Internet of Things* comparado con 12 búsquedas por día de *Dew Computing*. Los resultados presentados no identifican tipo de documento, solo la utilización del código de búsqueda utilizando anteriormente para ambas tecnologías. Por lo anterior esto genera un indicador de interés por esta tecnología en la comunidad.

Figura 12. Promedio de búsquedas Dew e IoT entre 1/1/16 á 1/1/18.



Fuente: Autor.

En la siguiente tabla 1. se muestra un comparativo encontrado entre las bases de datos.

Tabla 1. Comparativo encontrado entre las bases de datos.

Base de Datos	Título	Autor
ACM	<i>The theory and applications of dew computing</i>	(Wang, 2017)
IEEE Xplore	<i>3D-based location positioning using the Dew Computing approach for indoor navigation</i>	(Podbojec et al., 2017)
	<i>A dew computing solution for IoT streaming devices</i>	(Gusev, 2017)
	<i>An Introduction to Dew Computing: Definition, Concept and Implications</i>	(Ray, 2017)
	<i>Architecting a hybrid cross layer dew-fog-cloud stack for future data-driven cyber-physical systems</i>	(Frincu, 2017)
	<i>Augmented Coaching Ecosystem for Non-obtrusive Adaptive Personalized Elderly Care on the basis of Cloud-Fog-Dew computing paradigm</i>	(Gordienko et al., 2017)
	<i>Cloud-Dew computing support for automatic data analysis in life sciences</i>	(Brezany, Ludescher, & Feilhauer, 2017)
	<i>Dew Computing: The Complementary Piece of Cloud Computing</i>	(Rindos & Wang, 2016)
	<i>Distributed Database System as a base for multilanguage support for legacy software</i>	(Crnko, 2017)
	<i>Integrating SaaS and SaaS with Dew Computing</i>	(Wang & LeBlanc, 2016)

	<i>Mobile wireless sensor network gateway: A raspberry Pi implementation with a VPN backend to OpenStack</i>	(Luchian, Taut, Ivanciu, Lazar, & Dobrota, 2017)
	<i>State-of-the-art of cloud solutions based on ECG sensors</i>	(Gusev & Guseva, 2017)
	<i>The dawn of Dew: Dew Computing for advanced living environment</i>	(Šojat & Skala, 2017)
	<i>Views on the role and importance of dew computing in the service and control technology</i>	(Šojat & Skala, 2016)
<i>ScienceDirect</i>	<i>“Cloud Support Data Management Infrastructure for Upcoming Smart Cities”</i> . <i>Procedia Computer Science</i> 83 (2016): 1232–37.	(Quwaider, Al-Alyyoub, & Jararweh, 2016)
	<i>“Ambient Assisted Living/Enhanced Living Environment (AAL/ELE) Platform Architecture”</i>	(Goleva et al., 2017)
	<i>“End-Users Testing of Enhanced Living Environment Platform and Services”</i>	(Goleva, Garcia, Mavromoustakis, Dobre, Mastorakis, & Stainov, 2017)
	<i>“Advanced mobile and wearable systems”</i>	(Jóźwiak, 2017)
	<i>“Edge Clouds – Pushing the Boundary of Mobile Clouds”</i>	(Huang & Wu, 2018)
<i>Scopus</i>	<i>3D-based location positioning using the Dew Computing approach for indoor navigation</i>	(Podbojec et al., 2017)
	<i>A dew computing solution for IoT streaming devices</i>	(Gusev, 2017)
	<i>An Introduction to Dew Computing: Definition, Concept and Implications</i>	(Ray, 2017)
	<i>Architecting a hybrid cross layer dew-fog-cloud stack for future data-driven cyber-physical systems</i>	(Frincu, 2017)
	<i>Augmented Coaching Ecosystem for Non-obtrusive Adaptive Personalized Elderly Care on the basis of Cloud-Fog-Dew computing paradigm</i>	(Gordienko et al., 2017)
	<i>Cloud-Dew computing support for automatic data analysis in life sciences</i>	(Brezany et al., 2017)
	<i>Dew computing: The complementary piece of cloud computing</i>	(Rindos & Wang, 2016)
	<i>Distributed Database System as a base for multilanguage support for legacy software</i>	(Crnko, 2017)
	<i>Distributed system implementation based on “ants feeding birds” algorithm: Electronics transformation via animals and human</i>	(Mulay, Patel, & Gauchia, 2017)
	<i>Implementation of a horizontal scalable balancer for dew computing services</i>	(Ristov, Cvetkov, & Gusev, 2016)
	<i>Integrating SaaS and SaaS with dew computing</i>	(Wang & LeBlanc, 2016)

	<i>Internet of things framework for home care systems</i>	(Stojkoska, Trivodaliev, & Davcev, 2017)
	<i>State-of-the-art of cloud solutions based on ECG sensors</i>	(Gusev & Guseva, 2017)
	<i>The dawn of Dew: Dew Computing for advanced living environment</i>	(Šojat & Skala, 2017)
	<i>Views on the role and importance of dew computing in the service and control technology</i>	(Šojat & Skala, 2016)
SpringerLink	<i>The Interdependent Part of Cloud Computing: Dew Computing</i>	(Patel, Chaudhari, R Prajapati, & A Patel, 2017)
	<i>Mist Computing: Linking Cloudlet to Fogs</i>	(Uehara, 2017)
	<i>Time Series Distributed Analysis in IoT with ETL and Data Mining Technologies</i>	(Kholod, Efimova, Rukavitsyn, & Andrey, 2017)
Web of Science	<i>Internet of things framework for home care systems</i>	(Stojkoska et al., 2017)

Fuente Autor.

El objetivo de la revisión es ver los trabajos presentados en los múltiples escenarios, en las arquitecturas utilizadas, en los casos de uso, los errores presentados, las estadísticas y resultados expuestos. Al obtener esta información se procede a plantear un trabajo de investigación y presentar el temario diferenciador. Cabe resaltar el estudio previo de *Fog Computing* y *Cloud Computing* por parte del autor, esto con el fin de contextualizar la investigación.

4.3.2 Análisis estado del arte

Los criterios de búsqueda para llevar a cabo esta investigación se muestran en la tabla 2. Al escoger los diferentes artículos académicos recuperados se toman los más relevantes para el proyecto y se considera realizar la búsqueda hasta un punto límite por determinada fecha 31/12/2017, para que la investigación no se vea afectada en base a referencias bibliográficas.

Tabla 2. Análisis Estado del Arte.

Palabras Claves	<i>Dew Computing</i>
Bases de Datos Consultadas	<i>ACM</i> <i>IEEE</i> <i>Science Direct</i> <i>Scopus</i> <i>Springer Link</i>
Cantidad de referencias recuperadas	<i>ACM:1</i> <i>IEEE:13</i> <i>Science Direct:5</i> <i>Scopus:15</i> <i>Springer Link: 3</i> <i>Web of Science:1</i>
Fecha de terminación de la búsqueda	31/12/2017
Criterios de Selección de Artículos	Pertinencia con el tema de investigación: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dew Computing</i> • <i>Internet of Things</i> • <i>Edge Computing</i>

Fuente: Autor.

4.4 MARCO CONTEXTUAL Y ANTECEDENTES

Este trabajo se orientó en el área de computación distribuida inteligente específicamente para la arquitectura de *Internet of Things* y sus escenarios, ya que esta estructura hace un fuerte uso de sensores que pueden comprometer aspectos como, el ancho de banda y la seguridad de los datos. Por ello se implementa una capa de *Dew Computing*, la cual no expone los sensores a internet sino a una red local donde están conectados, que se ubica dentro del dispositivo móvil del usuario. Estos datos se procesan y son convertidos en información permitiendo así realizar un viaje de manera segura a la siguiente capa asignada que es de niebla o la posterior que es la de nube.

Para la capa de computación de niebla, el autor realizó un trabajo previo donde se profundiza la temática (*Fog Computing*), la implementación y unas pruebas de concepto donde dan como resultado una comparativa entre *IoT* y *Fog Computing*.

El tema de Dew Computing ha venido evolucionando gracias al antecedente e investigación de un grupo que brinda apoyo a actividades de investigación en el área. También como foro de noticias para anunciar el progreso de las investigaciones y las actividades de la comunidad.

El Dew Computing Research tiene recursos completos de contenidos y cuenta con un canal de publicación rápida. En un área de investigación de rápido crecimiento, los investigadores en este tema pueden necesitar publicar el progreso de la investigación de manera oportuna.

4.5 NORMAS Y ESTÁNDARES

Se presenta el marco legal del trabajo de investigación, desarrollado en la normatividad colombiana, estándares y documentos de referencia.

4.5.1 Normatividad colombiana

La legislación y normatividad colombiana que corresponde al proyecto se enmarca en el cumplimiento de la Ley Nro. 1273 del 2009 – “De la Protección de la Información y de los Datos”. El cual se resalta las siguientes disposiciones específicas:

4.5.1.1 Acceso ilícito

Artículo 269A, Ley de protección de la información y de los datos.

4.5.1.2 Interferencia en el sistema

Artículo 269B.

4.5.1.3 Interceptación ilícita

Artículo 269C.

4.5.1.4 Interferencia en los datos

Artículo 269D.

4.5.1.5 Uso de software malicioso

Artículo 269E.

La legislación sustancial y procesal de los delitos cibernéticos, se basan en la Constitución Nacional de Colombia, en los artículos 15 y 20. Esto con el fin de garantizarle a los usuarios los derechos fundamentales de conocer, actualizar y rectificar la información recolectada y el buen uso que se le dé en el tratamiento de

la misma. Adicionalmente aplicaría la normativa para la arquitectura de computación en la nube.

4.5.2 Estándares y documentos de referencia

Se presentan los estándares y documentos de referencia que apoyan el proyecto de investigación.

4.5.2.1 NIST para *Cloud Computing*

La definición del estándar para *Cloud Computing* es un modelo que permite acceso de red de manera ubicua, conveniente y bajo demanda a un grupo compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden aprovisionarse y lanzarse rápidamente con un mínimo esfuerzo administrativo o la interacción del proveedor de servicios. El modelo de nube se compone de características esenciales, modelos de servicio y modelos de implementación. Término tomado del El Instituto Nacional de Normas y Tecnología, *NIST (National Institute of Standards and Technology)* (Mell & Grance, 2011)

4.5.2.2 NIST para *Fog Computing*

La definición del estándar para *Fog Computing* es un paradigma de recursos horizontal, físico o virtual que reside entre los dispositivos finales inteligentes y los centros de datos o nubes tradicionales. Este paradigma es compatible con aplicaciones aisladas verticalmente y sensibles a la latencia al proporcionar computación, almacenamiento y conectividad de red ubicua, escalable, en capas, federada y distribuida.

Las soluciones informáticas para *Fog Computing* son adoptadas por muchas industrias, y los esfuerzos para desarrollar aplicaciones distribuidas y herramientas de análisis existen y continúan desarrollándose, estudio interno realizado por la *NIST*. La necesidad de recursos computacionales esparcidos geográficamente y la baja latencia desencadenó la evolución tecnológica de la computación de niebla (*Fog Computing*) que fomenta el desarrollo de nodos dedicados y más especializados que exhiben pocos recursos computacionales. Estos nodos de niebla que forman la capa de computación de neblina (*Dew Computing* o *Mist Computing* o Capa delgada de *Fog*) donde se colocan aún más cerca de los

dispositivos y los usuarios que los nodos de niebla más poderosos con los que colaboran, a menudo compartiendo la misma localidad con los dispositivos finales inteligentes a los que prestan servicios. Término tomado del El Instituto Nacional de Normas y Tecnología, *NIST (National Institute of Standards and Technology)* (Lorga (NIST) et al., 2017)

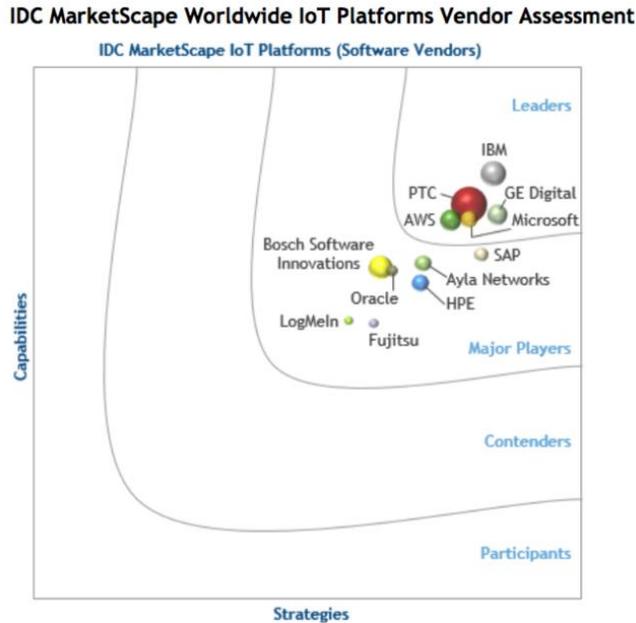
4.6 EMPRESAS TECNOLÓGICAS

De acuerdo al estudio realizado por *IDC MarketScape*, llamado *Worldwide IoT Platforms (Software Vendors)* en 2017; las empresas tecnológicas líderes con sus productos de IoT son: *IBM* con su producto *IoT Watson*, *PTC* con *ThingWorx*, *GE Digital* con *Predix*, *Microsoft* con *Azure IoT* y *Amazon* con *AWS IoT*. (Crook, MacGillivray, & Turner, 2017) Como se muestra en la Figura.

Por lo anterior se escogen *Azure IoT Edge* y *AWS IoT Greengrass*, debido a que estas son herramientas de trabajo (*frameworks*) que se ajustan a las actividades académicas a desarrollar en este trabajo de investigación.

A continuación se detallan los productos de *Microsoft* y *Amazon*, las cuales cada una presenta al mercado una solución de desarrollo de borde.

Figura 13. Indicador de Vendedores Plataformas de IoT

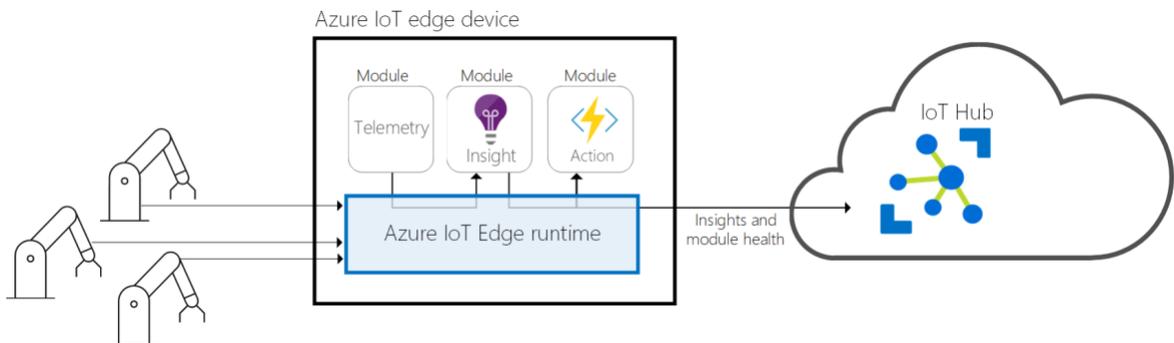


Fuente: (Crook et al., 2017)

4.6.1 Microsoft Azure IoT Edge

Azure IoT Edge traslada el análisis de la nube y la lógica de negocios personalizada a los dispositivos para que su organización pueda enfocarse en los conocimientos empresariales en lugar de en la administración de datos. Permite que la solución escale con sólo configurar su software IoT, desplegándolo en dispositivos a través de contenedores estándar, y supervisándolo todo desde la nube.

Figura 14. Arquitectura de Azure IoT Edge



Fuente: (Gremban & Street, 2017)

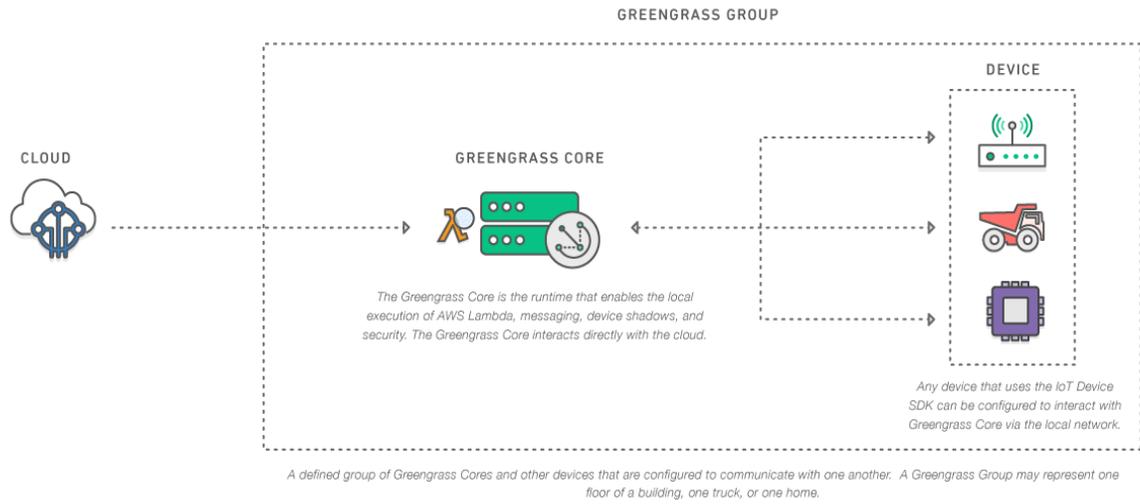
El análisis genera valor comercial en las soluciones de *IoT*, pero no todos los análisis deben estar en la nube. Si se desea que un dispositivo responda a emergencias lo más rápido posible, se puede realizar la detección de anomalías on-premise. Del mismo modo, si se desea reducir los costos de ancho de banda y evitar la transferencia de datos brutos, se puede realizar la limpieza y agregación de datos localmente.

Azure IoT Edge se compone de tres módulos, como se muestran en la figura ; El primer módulo de *IoT Edge* es el contenedor que ejecuta en los servicios de *Azure*, servicios de terceros o su propio código. El segundo módulo es el de implementación de dispositivos *IoT Edge* donde se ejecutan localmente y permiten administrar los servicios implementados. Y por último una interfaz basada en la nube le permite monitorear y administrar remotamente dispositivos *IoT Edge*. (Gremban & Street, 2017)

4.6.2 Amazon IoT GreenGrass

AWS Greengrass es software que le permite ejecutar capacidades de informática local, mensajería, almacenamiento de datos en caché y sincronización para dispositivos conectados de manera segura. Con *AWS Greengrass*, los dispositivos conectados pueden ejecutar funciones de *AWS Lambda*, mantener los datos de dispositivos sincronizados y comunicarse con otros dispositivos de manera segura, incluso sin estar conectados a Internet. Con *AWS Lambda* y *Greengrass* se asegura de que sus dispositivos de *IoT* pueden responder con rapidez a eventos locales, operar con conexiones intermitentes y minimizar el costo de transmitir datos de *IoT* a la nube. Una muestra de la arquitectura se presenta en la figura 15.

Figura 15. Arquitectura de *AWS Greengrass*



Fuente: (*AWS Developers*, 2017)

Greengrass amplía el ecosistema de *AWS* a dispositivos de manera sencilla, con lo que pueden actuar a nivel local en función de los datos que se generan, al tiempo que utilizan la nube para tareas de administración, análisis y almacenamiento duradero. Con *Greengrass*, se puede utilizar lenguajes y modelos de programación familiares para crear y probar el software en la nube e implementarlo en sus dispositivos. *AWS Greengrass* se puede programar para que filtre datos de dispositivos y solo transmita información necesaria a la nube. *AWS Greengrass* autentica y cifra datos de dispositivo en todos los puntos de la conexión con las capacidades de administración del acceso y la seguridad de *AWS IoT*. De este modo, nunca se intercambian datos entre dispositivos cuando estos se comunican entre sí y con la nube sin identidad demostrada. (*AWS Developers*, 2017)

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INVESTIGATIVO

Con el fin de lograr un análisis comparativo entre la arquitectura *Dew Computing* e *IoT*, para identificar dónde se complementan o reemplazan; se realiza un estudio basado en el marco referencial, y el análisis de los resultados de pruebas realizadas con diferentes sensores, sobre la arquitectura *Dew Computing* involucrando un trabajo previo realizado por el autor.

5.1 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación se enmarca en un estudio mixto (cuantitativo y cualitativo) debido a que el proceso investigativo que se realiza es una aproximación crítica y teórica al surgimiento de la nueva capa de computación distribuida. El autor combina los análisis documentales, con herramientas de trabajo desarrolladas y disponibles en el mercado para alcanzar resultados que ayuden a identificar las oportunidades que tiene la arquitectura *Dew* frente al *IoT* o viceversa en diferentes escenarios.

El tipo de investigación es de carácter exploratoria, como el nombre lo indica, busca examinar el tema de *Dew Computing* con miras a ampliar la información que se tiene sobre el tema en el contexto académico, y poder tener un panorama más amplio permitiendo determinar con mayor claridad investigaciones posteriores.

El valor que genera esta investigación es ayudar a familiarizarse con las nuevas arquitecturas de computación distribuida inteligente y obtener más información para realizar investigaciones dentro un contexto particular. Investigar nuevos problemas, identificarlos y con conceptos o teorías promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.

5.2 FASES Y ACTIVIDADES

Las fases de la investigación son: la elaboración de un estado del arte, realización un análisis comparativo buscando un resultado conceptual, la utilización de un dispositivo de pruebas y por último, el resultado del análisis basado en la revisión de las pruebas realizadas por el dispositivo comparandolas con investigaciones similares.

5.2.1 Elaboración del estado del arte de *Dew computing*

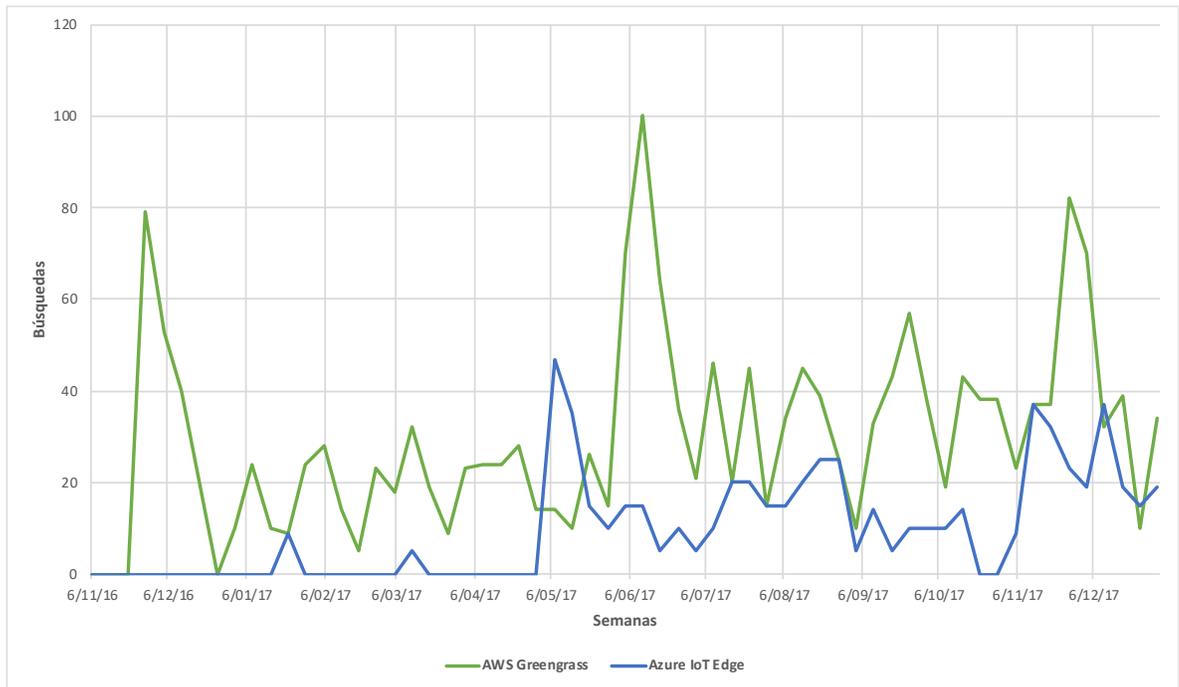
Se realizaron las siguientes actividades:

- Búsqueda y revisión de la literatura sobre uso de *Dew Computing*.
- Lectura, clasificación y análisis de la información encontrada de acuerdo a la necesidad del proyecto.
- Revisión de las tendencias de búsqueda de *Dew Computing e IoT* con respecto a las diferentes arquitecturas basado en la herramienta en línea *Google Trends*.

5.2.2 Análisis comparativo entre frameworks para *Dew Computing*

Para realización del análisis comparativo entre herramientas de trabajo cercanas a *Dew Computing*, se basó en la información obtenida previamente incluida en el documento y se procede a ejecutar el algoritmo de tendencias (*Google Trends*), donde se busca en bases de datos académicas, libros, revistas, blogs, foros y eventos sobre estudios realizados con *AWS Greengrass* y *Azure IoT Edge*, donde se detalla la visualización de *Azure IoT Edge* en abril de 2016, y en diciembre de 2016 empieza a incursionar *Greengrass* como herramienta de trabajo.

Figura 16. Comparativa de tendencias entre frameworks



Fuente: Autor basado en *Google Trends*.

Los frameworks son presentado como una alternativa a la incursión del concepto de *Dew Computing* al Internet de las Cosas, por ello las empresas desarrolladoras incorporan estos servicios para potencializar su mercado y así atacar debilidades de la estructura del ecosistema de internet.

5.2.3 Dispositivo para pruebas

Se realizan las siguientes actividades para construir un dispositivo que servirá para efectuar una prueba de concepto de la arquitectura *Dew*: selección de hardware, selección de software y selección de sensores.

Se caracteriza el *hardware* y *software* especializado que se utiliza para implementar una prueba de concepto.

5.2.3.1 Hardware e implementación

El *hardware* utilizado se basa en un trabajo previo realizado por el autor, titulado “Implementación de una arquitectura *Fog Computing*” presentado para obtener el grado de Magister en Gestión, Aplicación y Desarrollo de *Software*, en este trabajo se realiza un cuadro comparativo entre las diferentes placas de desarrollo como se visualiza en la tabla 2, donde se resalta un comparativo del *hardware* y costos para la realización de la prueba.

Por tal motivo se selecciona la *Raspberry Pi 3 model B*, adicionalmente esta tarjeta de placa única presenta una mayor madurez dentro de la comunidad de *hardware* libre, debido a su alto impacto *IoT Developer Survey 2018* (Cabé, 2018)

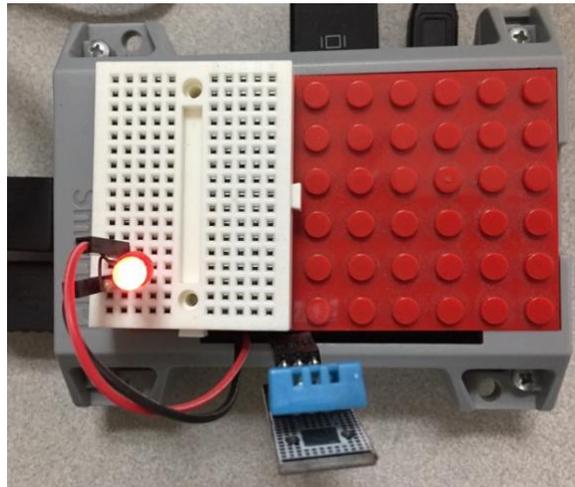
Tabla 2. Comparativa de Tarjetas de Placa Única.

	Intel Galileo	Raspberry Pi Model B	Raspberry Pi Model B	Raspberry Pi Zero	Banana Pi M2+
Tamaño de Board	12.3cm x 7.2cm	8.56cm x 5.6cm	8.56cm x 5.6cm	6.0cm x 3.0cm	9.2cm x 6.0cm
Procesador	Intel Quark 1000 Single Core	Broadcom BCM2836 (ARMv7-A) ARM Cortex-A7 Quad Core	Broadcom BCM2837 ARMv8-A ARM Cortex-A53 Quad Core	Broadcom BCM2835 (ARMv7-A) ARM Cortex-A7 Single-Core	Allwinner A31S (ARMv7-A) ARM Cortex-A7 Quad-core
Arquitectura	32bit	32bit	64bit	32bit	32bit
Velocidad	400Mhz	900Mhz	1.2Ghz	1Ghz	1Ghz
Memoria Cache	16Kb L1 Cache	12Kb L1 Cache / 1MB L2 Cache	12Kb L1 Cache / 1MB L2 Cache	2Kb L1 Cache / 1MB L2 Cache	56Kb L1 Cache / 1MB L2 Cache
Memoria RAM	256MB DDR3	1GB DDR2	1GB DDR2	512MB	1GB DDR3
GPU	NO	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	PowerVR GX54MP2 Comply with OpenGL ES 2.0
Almacenamiento Externo	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	OpenCL v. DX9_3 MicroSD
Video	NO	HDMI	HDMI	HDMI	HDMI
Audio	NO	3.5mm Jack / HDMI	3.5mm Jack / HDMI	3.5mm Jack / HDMI	3.5mm Jack / HDMI
Conector TAG	SI	NO	NO	NO	SI
Propósito General / GPIO	12 Pin	40 Pin	40 Pin	40 Pin	40 Pin
USB	2x USB 2.0	4x USB 2.0	4x USB 2.0	2x USB 2.0	4x USB 2.0
ETHERNET	10/100 Ethernet RJ45	10/100 Ethernet RJ45	10/100 Ethernet RJ45	10/100 Ethernet RJ45	10/100/1000 Ethernet RJ45
WI-FI	NO	NO	Wifi 802.11b/g/n	NO	Wifi 802.11b/g/n
PCIe	SI	NO	NO	NO	NO
ALIMENTACIÓN	5V DC @ 3A	5V DC @ 1.8A	5V DC @ 2.5A	5V DC @ 1.6A	5V DC @ 2A
PRECIOS (USD)	\$60,90	\$32,00	\$38,00	\$5,00	\$35,00

Fuente: Autor.

Para este trabajo, se realiza una implementación de *hardware* especial y acondicionada al comportamiento de un dispositivo *Dew* con los sensores.

Figura 19. Implementación en el sitio.



Fuente: Autor

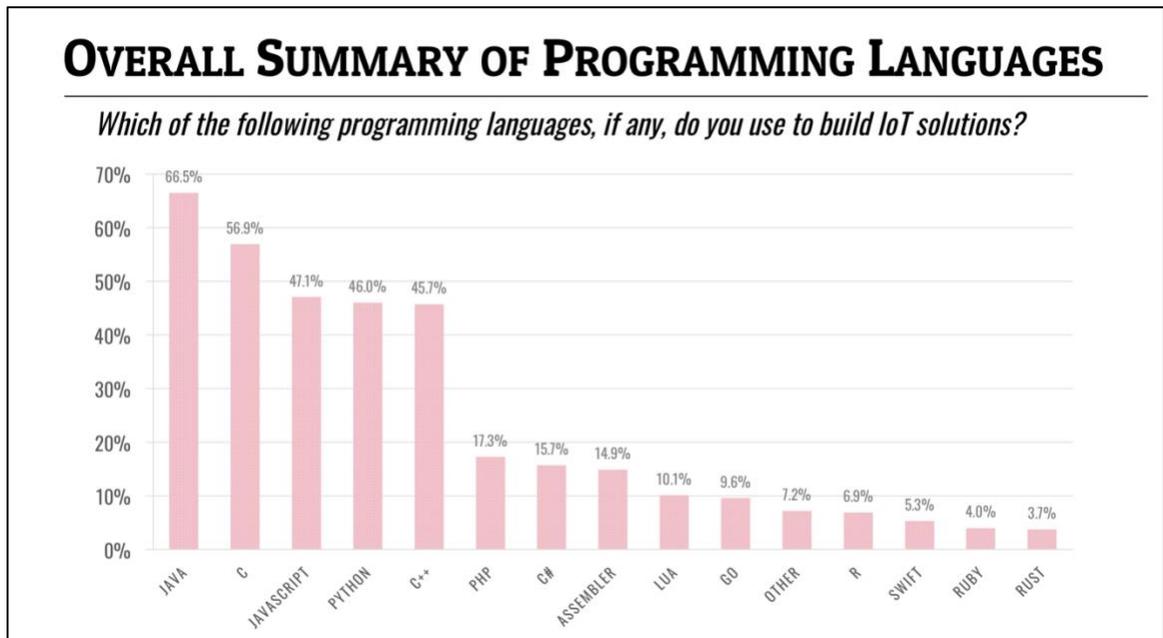
5.2.3.2 Software e implementación

La caracterización de *software* incluye la selección del sistema operativo y el software complementario que se ajuste para realización de las pruebas de la arquitectura *Dew Computing*.

Se selecciona el sistema operativo *Raspbian* de base *Debian* debido a que cuenta con las librerías, controladores y módulos que necesita la *Raspberry Pi* para funcionar correctamente.

Con respecto al *software* complementario, para ello se enfatiza en la escogencia del lenguaje de programación ***Python*** ya que se relaciona con los sensores y sus controladores, debido a que se busca un acople sin problemas, actualizada y que el desarrollo del código sea sencillo. *IoT Developer Survey 2018* (Cabé, 2018)

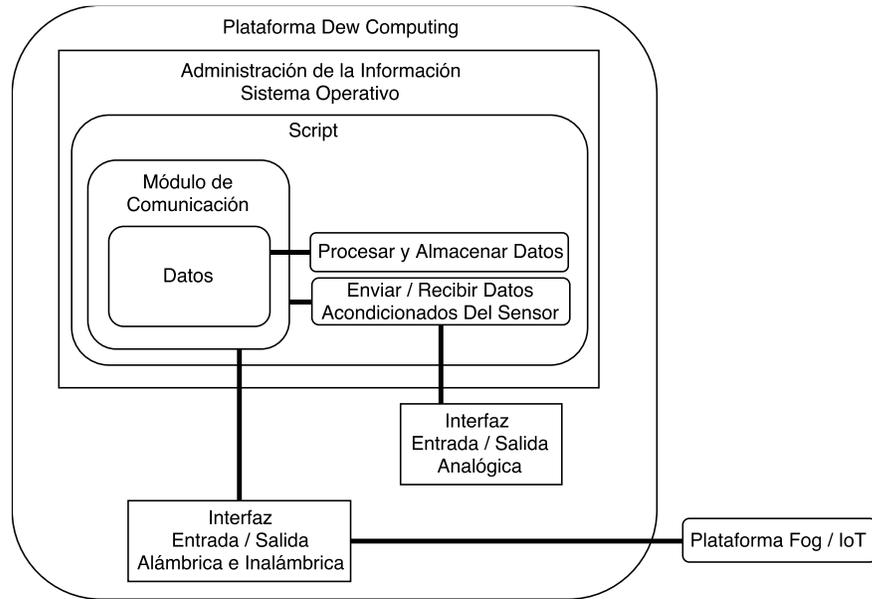
Figura 20. Lenguajes de Programación utilizados para IoT.



Fuente *IoT Developer Survey 2018* (Cabé, 2018)

Se utilizan los *framework* para los diferentes escenarios, de los cuales para IoT se utiliza *Cayenne* que esta alojado dentro de los servicios de *Amazon Web Services*, ya que este *framework* se pueden implementar de manera ágil y además tiene un broker (centro de mensajes, transportados por el protocolo de comunicación MQTT) en el cual se puede verificar los mensajes llegados para este caso, en formato JSON. Para la siguiente figura se muestra una estructura modular donde se desarrolla un script ó archivo de órdenes, donde fomenta un procesamiento adicional de los datos tomados por el sensor de temperatura – DHT11, y son recopilados bajo condiciones adicionales. Para el experimento se tomó la variable de tiempo, esto para demostrar la reducción del tiempo de conectividad del dispositivo.

Figura 21. Estructura del *software* utilizado para la plataforma *Dew*.



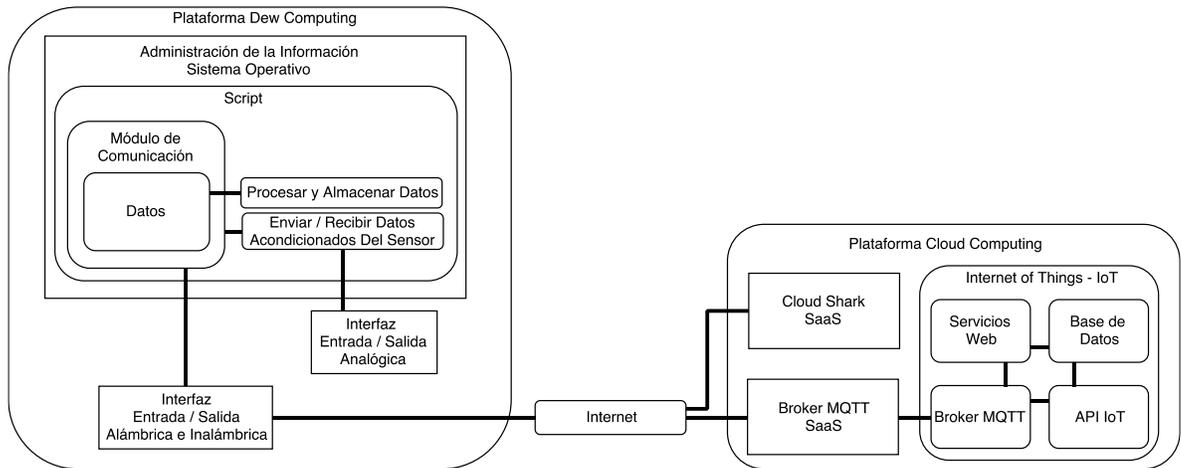
Fuente: Autor.

5.2.4 Pruebas de ambas arquitecturas

Para la dinámica de peticiones (conversaciones) se realiza un esquema detallado de la plataforma propuesta, donde se presenta en detalle cada componente que interviene en la construcción de la arquitectura y las demás capas (*hardware* más *software*), esto con el fin de tener claridad sobre las peticiones que se realizan. El módulo a resaltar es el gestor de peticiones ubicado en el módulo de automatización, el cual realiza tareas automáticas como adquirir, almacenar, visualizar y exportar la información a donde están asignados, siempre y cuando se configure de donde viene la petición.

Se presentan las pruebas en base a los datos tomados, en la figura 21, se muestra el modelo estructural de la prueba tomada para el trabajo de investigación.

Figura 22. Estructura modular del *software* para *Dew Computing* e IoT.



Fuente: Autor.

Para el experimento se utiliza un modulo *software* como servicio llamado *CloudShark*, donde su objetivo es recibir las mediciones realizadas por el dispositivo (*Raspberry Pi 3*) y mostrarlas en una GUI, el cual tiene diversas metodologías de análisis de trafico de red.

Para el análisis de los datos es necesario determinar el tamaño muestral que debemos considerar frente a esta situación.

Es decir pretendemos hacer inferencias a valores poblacionales (proporciones, medias) a partir de una muestra, tomando como base la ecuación (1). (Fernández, 1996)

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2} \quad (1)$$

Donde;

$Z_{\alpha}^2 = (1.96)^2$, la seguridad es del 95%

p = proporción esperada: 50% = 0.5

$q = 1 - p$,

d = precisión: 3% = 0.03

$V = (5)$, para ampliar la muestra tomada. (proporción 156% = 156)

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{(0.03)^2}$$

$$n = 1096.11$$

$$n = 1096 * V$$

$$n = 5480$$

5.2.4.1 Escenario: desconexión total

En el escenario de desconexión total se puede resaltar la disminución del consumo de envío de datos hacia la nube, ya que no es obligatoria.

Una vez descrito lo anterior, se realizan las pruebas con los sensores para determinar la indicación, manipulación y el almacenamiento de un registro de datos adquiridos por la plataforma *Dew*, con ello se evidencia un procesamiento de los datos dentro de la plataforma *Dew*, generando una disminución de la utilización del servicio de Internet y reducción en el uso de los recursos de la plataforma IoT. Donde depende más del dispositivo, como su autonomía de energía y de almacenamiento, debido que al llegar a su límite máximo puede dejar de funcionar.

5.2.4.2 Escenario: comparativo entre IoT e *Dew Computing*

Para el escenario comparativo de ambas arquitecturas se utilizan los resultados tomados para este caso, utilizando el modelo, en el cual los diferentes sensores e indicadores son conectados a una herramienta IoT, para realizar su medición se utiliza el módulo de captura del tráfico llamado *tshark*.

El *tshark* mide las solicitudes recibidas y enviadas del dispositivo hacia la plataforma IoT, logrando así realizar un escenario de medición de peticiones requeridas hacia la plataforma IoT. Sin generar perturbación en el tráfico de datos.

A continuación, se toma la medición y se recolecta el número de paquetes generados por el dispositivo *Raspberry Pi* hacia la plataforma IoT. Esto incluye tamaño de los paquetes, tiempo que tarda en llegar a su destino, debido al enfoque que tiene el proyecto.

5.2.4.2.1 Prueba de IoT

En ella detalla un comportamiento no constante sino por demanda, es decir, si es requerido el servicio es registrado y enviado a cumplir su tarea. Lo que se resalta son los resultados tomados y organizados en la tabla.

Tabla 3. Pruebas de IoT

Prueba #1		Prueba #2	
Duración (segundos)	48,775	Duración (segundos)	23,041
Numero de Paquetes	1096	Numero de Paquetes	1096
Tamaño del Archivo (bytes)	597256	Tamaño del Archivo (bytes)	836200
Tamaño de los Datos (bytes)	561172	Tamaño de los Datos (bytes)	798955
Tamaño promedio del paquete (bytes)	525.44	Tamaño promedio del paquete (bytes)	728.97
Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	21.9	Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	47.57
Data bit rate (bits/seg)	92042.26	Data bit rate (bits/seg)	277401.04
Data byte rate (bytes/seg)	11505.28	Data byte rate (bytes/seg)	34675.13
Prueba #3		Prueba #4	
Duración (segundos)	113.744	Duración (segundos)	42.801
Numero de Paquetes	1096	Numero de Paquetes	1096
Tamaño del Archivo (bytes)	838268	Tamaño del Archivo (bytes)	852740
Tamaño de los Datos (bytes)	800924	Tamaño de los Datos (bytes)	815280
Tamaño promedio del paquete (bytes)	730.77	Tamaño promedio del paquete (bytes)	743.87
Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	9.64	Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	25.61
Data bit rate (bits/seg)	56331.3	Data bit rate (bits/seg)	152384.24
Data byte rate (bytes/seg)	7041.41	Data byte rate (bytes/seg)	19048.03

Prueba #5		Prueba #6	
Duración (segundos)	64.210	Duración (segundos)	469.84714
Numero de Paquetes	1096	Numero de Paquetes	5480
Tamaño del Archivo (bytes)	597212	Tamaño del Archivo (bytes)	3155992
Tamaño de los Datos (bytes)	560213	Tamaño de los Datos (bytes)	2971830
Tamaño promedio del paquete (bytes)	511.14	Tamaño promedio del paquete (bytes)	542.3
Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	17.07	Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	11.66
Data bit rate (bits/seg)	69796.85	Data bit rate (bits/seg)	50600.8
Data byte rate (bytes/seg)	8724.61	Data byte rate (bytes/seg)	6325.1

Fuente: Autor.

Los resultados muestran un alto volumen de petición hacia la plataforma IoT, con relación a la confirmación de gran demanda de acceso a la plataforma, por su enfoque de IoT.

5.2.4.2.2 Prueba *Dew Computing*

En esta prueba detalla un comportamiento de *Dew Computing* programada en base al programa que ejecuta dentro la arquitectura, es decir, si es requerido.

Se resalta son los resultados tomados y organizados en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen de pruebas para *Dew Computing*.

Prueba #1		Prueba #2	
Duración (segundos)	66,366	Duración (segundos)	23,041
Numero de Paquetes	1096	Numero de Paquetes	5480
Tamaño del Archivo (bytes)	499280	Tamaño del Archivo (bytes)	836200
Tamaño de los Datos (bytes)	462236	Tamaño de los Datos (bytes)	798955
Tamaño promedio del paquete (bytes)	421.75	Tamaño promedio del paquete (bytes)	728.97
Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	16.51	Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	47.57
Data bit rate (bits/seg)	55718.95	Data bit rate (bits/seg)	277401.04
Data byte rate (bytes/seg)	6964.87	Data byte rate (bytes/seg)	34675.13
Prueba #3			
Duración (segundos)	7166,2694		
Numero de Paquetes	5480		
Tamaño del Archivo (bytes)	766812		
Tamaño de los Datos (bytes)	583228		
Tamaño promedio del paquete (bytes)	106.43		
Promedio de Paquetes (paquetes/seg)	0.76		
Data bit rate (bits/seg)	651.08		
Data byte rate (bytes/seg)	81.39		

Fuente: Autor.

5.2.5 Análisis de pruebas

Con el propósito de establecer un entorno frente a la plataforma propuesta de *Dew* se desarrolla un diagrama donde se plantean las diferentes peticiones y áreas a intervenir, la siguiente información fue adaptada a la plataforma *Dew*, basada en la arquitectura *Fog Computing* presentada por el autor.

Se muestra un esquema de peticiones en la figura 21, en el cual busca orientar al investigador en cómo se deben realizar las diferentes peticiones dentro los roles, donde el principal actor es el usuario, el cual envía las peticiones y la plataforma *Dew Computing* que es el principal receptor de las mismas.

Es por ello que se determina cómo funciona cada rol o arquitectura los cuales son: los elementos de automatización, *Fog Computing*, *Cloud Computing* y la plataforma IoT.

Los elementos de automatización sus datos son ingresados en el módulo de ejecución de petición tal como se muestra de la figura 21, debido a que esta entrega siempre cuando el dato es solicitado (siempre está disponible).

Las arquitecturas *Dew Computing*, *Cloud Computing* y la plataforma IoT, se visualizan su tráfico y gestión de las mismas tal como se muestran en la figura 21 y en el se complementa en el marco referencial.

Para la plataforma de IoT, se recibe los datos de la arquitectura *Dew Computing* esto es porque el procesamiento se realiza en la capa *Dew* y recibe los datos ya procesados para registro, almacenaje y procesamiento adicional incluyendo técnicas avanzadas.

Para efectuar un análisis definitivo, se asegura que sin la arquitectura de *Dew Computing* el número de peticiones crece, siempre y cuando exista la capa *Fog*, si esta capa no está, la capa *Dew* puede volverse *Fog* implícitamente.

IoT necesita de *Dew Computing* debido a que el procesamiento se realiza en la capa inferior reduciendo el número de peticiones, datos innecesarios y uso de ancho de banda.

Cálculo de ancho de banda disponible: (100Mbps/s - Arquitectura).

Tomando la interfaz *ethernet* base 100Mbps/s.

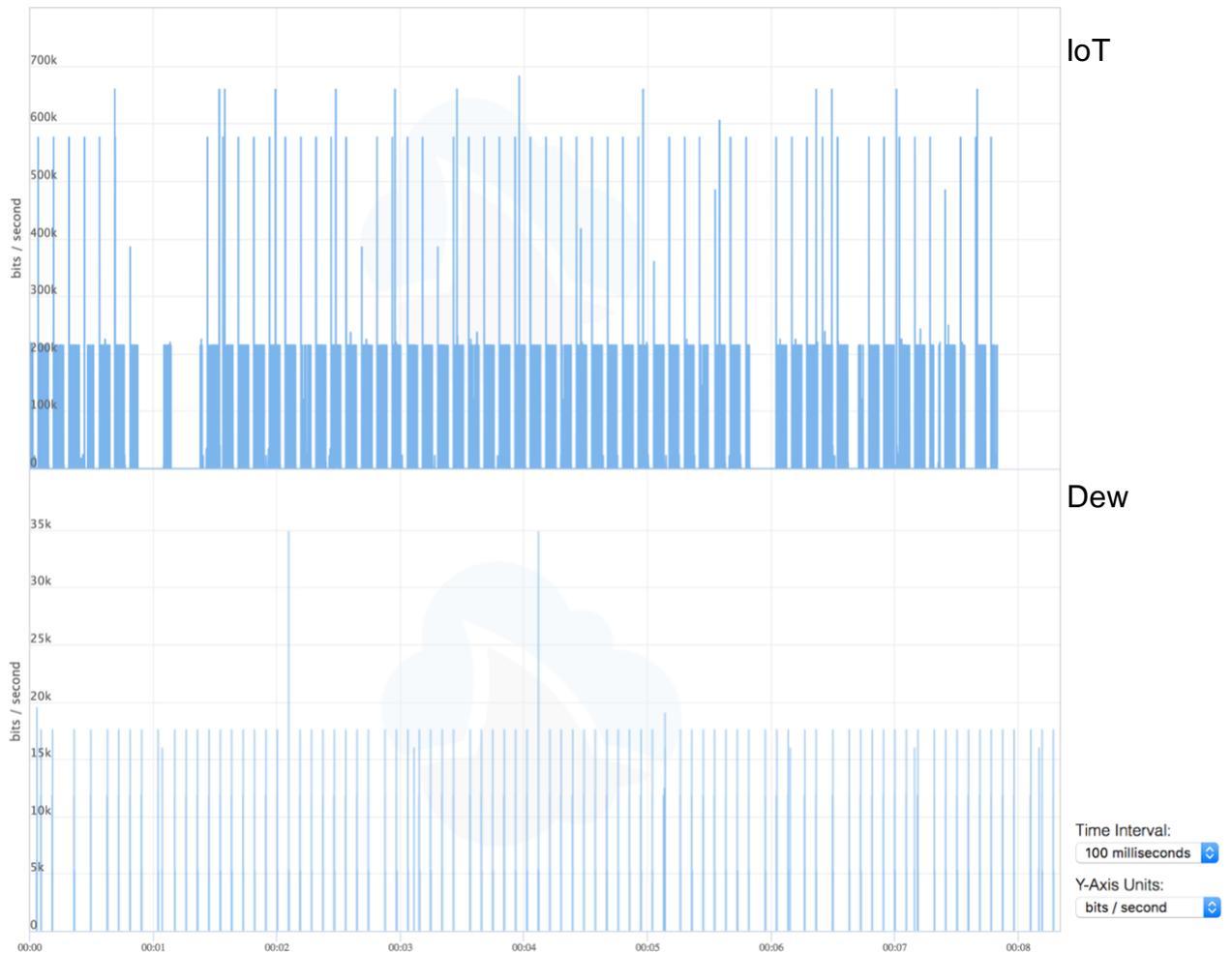
Tabla 5. Tabla comparativa de pruebas para *throughput* (*goodput*)

Prueba	Arquitectura	Valor (Mbit/s)	AB Disponible (Mbit/s)
1	IoT	0,0092	99,9908
2	IoT	0,2774	99,7226
3	IoT	0,0563	99,9437
4	IoT	0,1523	99,8477
5	IoT	0,0697	99,9303
6	IoT	0,0506	99,9494
7	Dew	0,0557	99,9443
8	Dew	0,2774	99,7226
9	Dew	0,0006	99,9994

Fuente: Autor.

En la siguiente figura, se muestra el comparativo de Tiempo (Segundos) vs Bits/Segundos, donde se percibe la reducción de tiempo de conexión entre el servicio de IoT y el dispositivo (*Dew*). Ambos gráficos se realizan utilizando el servicio de IoT, diferenciando la arquitectura planteada *Dew*.

Figura 23. Comparativo de resultados entre IoT e *Dew Computing*



Fuente: Autor, basado en *CloudShark*.

Para el análisis de las pruebas se comprueban la reducción del tiempo de conexión entre el servicio de IoT y el dispositivo, también el valor de los datos enviados al servicio de IoT y la comprobación de los mismo en su llegada a la nube. Esto es importante para maximizar los servicios de IoT al momentos de escalar en sensores y conexión.

6. RESULTADOS

Son presentados los resultados del trabajo de investigación por objetivos específicos donde explica la estructura capitular de los resultados, basado en documentos recopilados, resultados previos, ventajas y desventajas, oportunidades y recomendaciones.

6.1 REVISIÓN COMPARATIVA DE *DEW COMPUTING E IoT*

Para obtener una comprensión más completa y clara de los diferentes paradigmas informáticos que tienen diferentes definiciones y objetivos, se analizan las características y la evolución de estos paradigmas informáticos comparándolos desde varias perspectivas, incluidas sus capas, modelos de computación y almacenamiento, lugar de procesamiento y modelo de programación.

La tabla 6 muestra una comparación de las arquitecturas de *Internet of Things* – IoT y computación distribuida inteligente, con respecto a diferentes aspectos.

Tabla 6. Comparativo sencillo entre arquitecturas

Arquitecturas	Capas	Modelo de Computación y Almacenamiento	Lugar de Procesamiento	Modelo de Programación
IoT	Dos capas	Centralizado	Grandes Centros de Datos	Serial (Por evento)
Computación distribuida Inteligente	Múltiples capas	Decentralizado (Dispositivos Pequeños y Medianos)	En el borde de la red, cerca del usuario ó los mismos dispositivos.	Serial ó Paralelo

Fuente: Autor basado en (Zhou, Zhang, & Xiong, 2017)

En comparación con IoT, los paradigmas de computación distribuida inteligente agregan niveles cercanos ocultos que están por definir dentro de la comunidad académica, los cuales son llamados *Mist Computing* (por ejemplo, enrutadores de red periféricos, estaciones base de redes celulares, servidores cercanos, etc.) ubicados entre el dispositivo final y un centro de datos remoto.

Dew Computing en la revisión comparativa establece una red de colaboración descentralizada de dispositivo a dispositivo cercano al usuario, para realizar tareas de computación sofisticada, almacenar datos entre otras.

La comparación anterior muestran que la computación distribuida inteligente se extiende al borde del usuario, y difiere fundamentalmente del IoT en: su modo de utilizar el almacenamiento, el control del servicio, la disponibilidad entre otros aspectos.

Después de comparar IoT y el nuevo paradigma de computación distribuida, se realiza un análisis característico de *Dew Computing*, esto con el fin de promover iniciativas de investigación relacionadas y aplicaciones en este campo.

Tabla 7. Comparativo característico entre IoT y *Dew Computing*.

	<i>Internet of Things</i>	<i>Dew Computing</i>
<i>Usuarios Clave</i>	Usuarios de internet	Usuarios de dispositivos móviles
<i>Distancia de los Usuarios</i>	Lejos de usuarios	Fisicamente cerca del usuario
<i>Recursos de Hardware</i>	Almacenamiento extenso y grandes capacidades de computo	Capacidades de almacenamiento y procesamiento limitada
<i>Ambiente de Trabajo</i>	Edificios acondicionados	Cualquier ubicación
<i>Geo-distribución</i>	Centralizado	Distribuidos
<i>Cobertura</i>	Global	Local
<i>Tipos de Servicios</i>	Información recopilada y disponible a nivel global	Información recopilada y disponible a nivel local
<i>Ubicacion de servicios</i>	Cualquier ubicación	Cualquier ubicación
<i>Compañías</i>	Muy grandes en servicio	Pequeños operadores y fabricantes

Fuente: Autor basado en (Zhou et al., 2017)

En la tabla 7, se muestra una comparación entre las arquitecturas, con el fin de determinar las características importantes, que se destacan dentro del ecosistema de internet y los usuarios.

Basado en lo anterior las características seleccionadas son: los usuarios, la distancia de los usuarios, el hardware, el ambiente de trabajo, la geo-distribución, la cobertura, los tipos de servicios, la ubicación de servicios y las compañías que lo utilizan. Esto fue adaptado por el autor basado en la investigación de Zhou, Zhang, & Xiong, (2017).

Dew Computing se centra en que el dispositivo está físicamente más cercano al usuario que en IoT, sin tener en cuenta la red de acceso inalámbrico y la computación de borde, solamente en el dispositivo cercano.

Una característica destacada del *Dew Computing* es el aprovechamiento de los dispositivos del usuario y sus capacidades de las instalaciones locales donde se encuentran y que permanecen cerca del usuario final. Incrementando los servicios de cómputo, almacenamiento y redes, ya que se pueden elegir en dónde quedan los servicios y en dónde se ejecutan estos (por ejemplo, en el dispositivo del usuario ó en los dispositivos adyacentes tales como microcontroladores y tarjetas de desarrollo y pequeños centros de datos tales como los NUC) y los servicios también podrían migrar de un lugar a otro.

Tabla 8. Comparativo técnico entre IoT y *Dew Computing*.

	<i>Internet of Things - IoT</i>	<i>Dew Computing</i>
<i>Latencia</i>	Alto	Bajo
<i>Acceso a la red</i>	Alámbrica e inalámbrica	Alámbrica e inalámbrica
<i>Distancia entre el Cliente y Servidor</i>	Múltiples puntos	Un solo punto
<i>Retardo de Señal</i>	Alto	Bajo
<i>Soporte Móvil</i>	Limitado	Compatible
<i>Módulo de Control</i>	Centralizado	Distribuido ó por capas
<i>Acceso a los Servicios</i>	Centralizado	En los dispositivos
<i>Número de Dispositivos</i>	Millones	Billones
<i>Número de Nodos Servidores</i>	Bajo	Alto

Precio por cada dispositivo	Más de miles de dolares	Menos de miles de dolares
Principal generador de contenido	Sensores/Dispositivos/Humanos	Sensores/Dispositivos/Humanos
Generación de Contenido	Ubicación central (data center)	Cualquier ubicación
Consumo de Contenido	Dispositivos finales	Cualquier ubicación
Ataque a los datos en ruta	Alto	Bajo
Disponibilidad	Alto	Muy Alto
Escenarios Típicos	<i>Smart grid</i> , Vehículos, Inteligencia Artificial	Servicios locales con sensores

Fuente: Autor basado en (Zhou et al., 2017)

En la tabla 8, se seleccionan indicadores técnicos los cuales son; Latencia, acceso a la red, módulo de control, acceso a los servicios, ataque de los datos en ruta, disponibilidad, escenarios típicos. Esto fue adaptado por el autor basado en la previamente mencionada investigación.

6.1.1.1.1 Latencia

La latencia es la suma de retardos dentro de una red, es por ello que en *Dew Computing* es baja, por que un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red, *Dew* puede estar sin Red y generar información y enviarla cuando este disponible el canal de transmisión.

6.1.1.1.2 Acceso a la red

El acceso a la red para la *Dew* es alámbrica o inalámbrica debido a que se puede conectar a la siguiente capa por los protocolos de comunicación estándar (*ethernet*, *wi-fi*, *bluetooth*, etc) sin depender del acceso a internet. Para IoT es fundamental el acceso a internet independiente que sea alámbrica o inalámbrica para el envío de la información.

6.1.1.1.3 Módulo de control

El módulo de control para *Dew* es distribuido o por capas, por la gestión de peticiones individual y realizando un solo proceso con posible escalabilidad. IoT es

centralizado ya que la misma plataforma, almacena, registra, procesa y aplica filtros entre otros.

6.1.1.1.4 Acceso a los servicios

Dew se convierte en una opción para acceder a los servicios sin costos adicionales, ya que se insertan dentro el dispositivo y ejecuta la acción ordenada. IoT es centralizado y entre más servicios se requiera va ligado a un costo adicional contando con el hospedaje de la información, transporte y procesamiento del mismo.

6.1.1.1.5 Ataque de los datos en ruta

El criterio es basado en la captura de los paquetes en ruta, ya que, para *Dew* es reducido debido a que puede que no salgan datos a internet, en cambio, IoT siempre puede sufrir un ataque por la dependencia de internet.

6.1.1.1.6 Disponibilidad

Depende de la conexión de internet o entre los puntos de los dispositivos, es decir, para IoT es alto pero no garantizan que no haya una falla en los centro de datos. Para *Dew* la disposición es muy alta debido a que la conexión puede ser analógica o por medio de un medio de comunicación local, seguro y confiable.

6.1.1.1.7 Escenarios típicos

Los escenarios para *Dew* se ubican en ámbito local, ya que los sensores solo se comunican con el dispositivo dentro de la arquitectura *Dew* y puede terminar su conexión hasta allí. IoT tiene mayor expansión debido a que puede desarrollar una inteligencia artificial basado en los datos recopilados por tiempo y lugar.

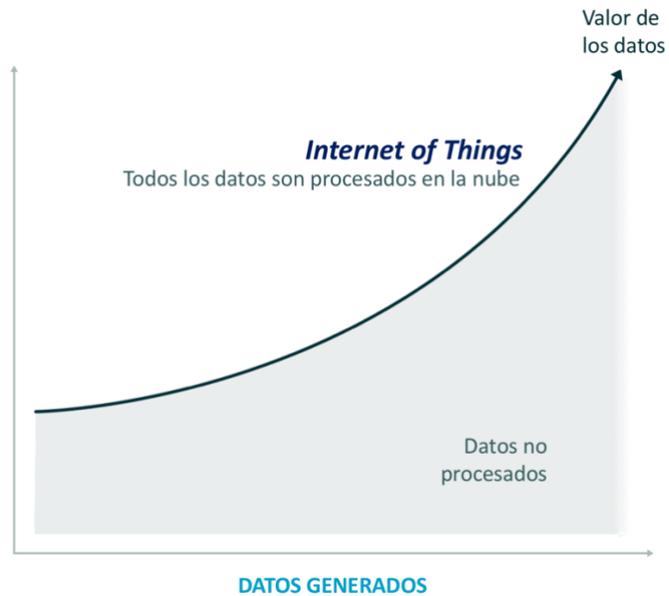
6.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE *DEW COMPUTING* CON IOT.

La ventaja de *Dew Computing* con IoT es el valor agregado que la arquitectura le da a los datos como un objetivo principal. Al iniciar la explosión de los dispositivos inteligentes se han creado océanos de nuevos datos en muchos escenarios, como se muestra en la figura 22. Donde hemos visto que los dispositivos pueden beneficiarse en gran medida de los recursos de la nube e IoT. Esto se debe a que los datos se vuelven más valiosos cuando se pueden procesar junto con otros datos. Al mismo tiempo, puede ser valioso procesar algunos datos directamente en la fuente donde se generan.

Algunas aplicaciones como equipos médicos, maquinaria industrial y automatización de edificios, no pueden confiar exclusivamente en la nube para su control y requieren algún tipo de almacenamiento y ejecución local, tal como lo plantea la revisión contextual de *Dew*. En otras aplicaciones que son de misión crítica ó de función vital entre los que se encuentran los dispositivos de seguridad, deben funcionar de manera confiable, incluso si la conectividad disminuye ó es nula. A si mismo también pueden basarse en decisiones oportunas como al maniobrar maquinaria pesada donde es crítico mantener una latencia mínima.

Para algunos casos donde se tienen restricciones regulatorias o de privacidad, como por ejemplo que las historias médicas se tengan que almacenar en un hospital durante años, incluso si también se almacenan en la nube. Cuando no se puede abordar estos escenarios, se revela una desventaja ya que pierden el valor los datos al no poder procesarlos.

Figura 24. Valor del dato en IoT

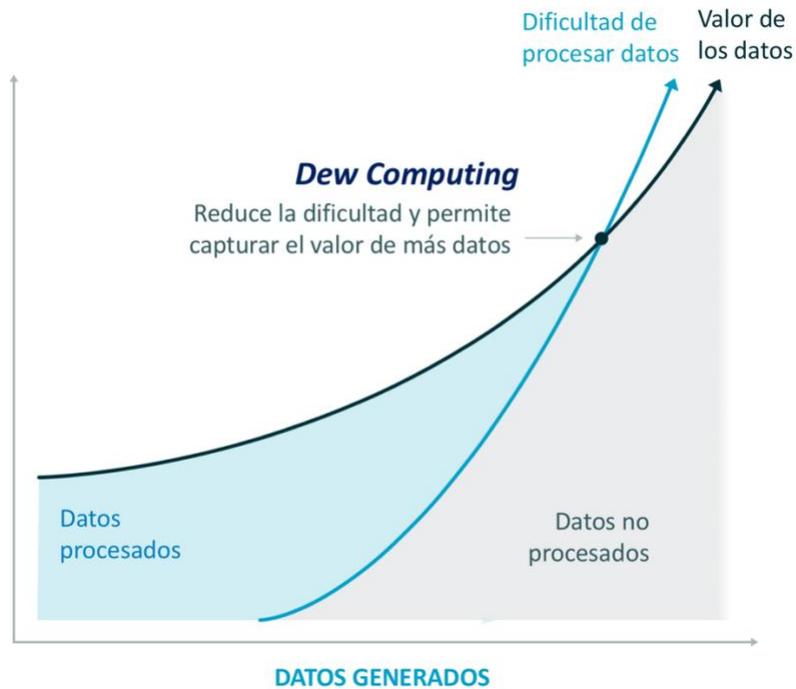


Fuente: autor basado en (Vogels, 2017)

La desventaja se enmarca en la problemática generada por el no procesamiento de los datos, incurriendo en congestión de los canales de comunicación, inundación de servicios y costos adicionales en la nube. Pero en lo que se demarca más en esta investigación es en destacar el valor que tiene los datos (brutos) que al procesarlos puede generar valor resaltando que la posibilidad de procesar los datos localmente es económico con respecto a la nube, logrando así una mayor cobertura en procesamiento y convertirse en información valiosa para otros ecosistemas incluyendo inteligencia artificial.

Como resultado, hay tres razones principales por las que el procesamiento de datos local es ventajoso, además del procesamiento basado en la nube.

Figura 25. Valor del dato en *Dew Computing*



Fuente: autor basado en (Vogels, 2017)

Se espera que estas razones se mantengan incluso a medida que la tecnología mejore:

6.2.1 Física

Los usuarios desean crear aplicaciones que tomen decisiones más interactivas y críticas a nivel local. Esto está motivado por características como: el tiempo que tarda en enviar los datos a la nube y las redes no tienen una disponibilidad del 100%, los usuarios en entornos físicamente remotos, como la minería y la agricultura donde se ven más afectados por estos problemas. Estos últimos debido a que el procesamiento es la principal ventaja para generarles valor a los datos y enviar la información ahorrando energía durante el transporte de datos y eliminando el transporte de datos no verificados donde el transporte cuesta y sacrifica tiempo de uso del dispositivo.

6.2.2 Economía

En las industrias, la producción de datos ha crecido más rápido que el ancho de banda mostrado en el crecimiento de los dispositivos móviles, y gran parte de esta información es de bajo valor. Por lo que la agregación, el filtrado y almacenamiento local de datos permite a los usuarios enviar no solo datos de alto valor sino información con veracidad (datos procesados localmente y verificados) a la nube, ahorrando costos, reutilizando tecnología y organización en la información corporativa para su almacenamiento y análisis posterior e incursión de arquitecturas innovadoras como inteligencia artificial.

6.2.3 Ubicación

En algunos sectores productivos, los usuarios tienen requisitos regulatorios o de cumplimiento para aislar o duplicar datos en ubicaciones particulares ordenado por reglamentaciones. Algunos gobiernos imponen restricciones de soberanía de los datos sobre dónde deben almacenarse y procesarse inclusive si son generados en otras naciones.

6.3 OPORTUNIDADES QUE BRINDA *DEW COMPUTING* PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ARQUITECTURA IoT

Identificar las oportunidades que brinda *Dew Computing* para el fortalecimiento de la arquitectura IoT, teniendo en cuenta el análisis del trabajo de investigación. Genera un reto tecnológico, donde se incluye el manejo de la energía, el procesamiento, el almacenamiento, protocolos de comunicación, lenguajes de programación, seguridad en los datos y visualización de los mismos.

6.3.1 Manejo de la energía

El manejo de la energía es un reto y una oportunidad que genera el *Dew* frente al IoT, esto debido a la reducción de energía en transmisión de los datos y ubicarla en el procesamiento y verificación de los mismos. La programación de envío de los datos es un atributo de la arquitectura ya que en IoT se encuentra deficiente este tema.

6.3.2 Procesamiento

Para la arquitectura *Dew* el procesamiento es un reto aún más innovador ya que a medida que avanza la tecnología en hardware y desarrollo de software, surge un tema que genera oportunidad basado en la utilización y reutilización de microcontroladores, desarrollando un RTOS (*Real Time Operating System*) el cual encapsula un *framework* de *Dew* impulsando el IoT. Consiste en construir un sistema operativo para microcontroladores con librerías y lenguaje de programación compatible para las diferentes tareas de IoT, generando un dato, luego procesarlo y enviarlo a la siguiente capa de manera ágil y confiable.

6.3.3 Almacenamiento

El almacenamiento dentro de la arquitectura *Dew* que logra fortalecer el IoT es un almacenamiento que permita hospedar a los RTOS, ya que estos están directamente ligados a la tecnología de estado sólido ó almacenamiento dentro de un microcontrolador. Impulsando el registro de los datos y por ende mejora el tiempo de la arquitectura *Dew*.

6.3.4 Protocolos de comunicación

Es un tema de discusión por los componentes de comunicación inalámbrica y alámbrica, ya que se necesita una comunicación más eficiente, en cuanto a consumo energético y transporte de datos incluyendo aumento del ancho de banda.

6.3.5 Lenguajes de programación

La eficiencia de los lenguajes de programación que sean acordes ó alineados con la propuesta de RTOS y creación de frameworks para Dew. Se recomienda la creación de *scripts* ajustados a tareas específicas que se orienten en impulsar el IoT.

6.3.6 Seguridad de los datos

La seguridad es un factor crítico en el funcionamiento de todo sistema, y para *Dew* genera un reto y oportunidad, creando un modelo de seguridad que va ligado principalmente al *framework* que se piensa crear, implementar y poner en marcha. Debido a su estructura operacional y los datos que se desean proteger y manipular.

6.3.7 Visualización de los datos

La visualización de los datos están ligados a saber en dónde se encuentran, para la arquitectura *Dew* se encuentran en el dispositivo más cercano al usuario, para el caso de un dispositivo inteligente se toma la opción de utilizar los *frameworks web* de muestreo de datos, es decir ubicando un servicio web dentro del dispositivo se puede orientar más al usuario en saber cómo se muestran los datos, su procesamiento, el algoritmo y el resultado.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al terminar el proyecto, se logran aportes importantes de la arquitectura *Dew Computing* cómo dar a conocer su funcionamiento, sus ventajas, desventajas y oportunidades ubicando a IoT en una posición de dar el siguiente paso a la modernización acompañado de *Dew*, donde se pueden hacer verificaciones de transmisión de datos y ordenes desde el dispositivo más cercano al usuario, sin salir a la red.

En el trabajo de investigación se llega a la conclusión de que IoT no se debe utilizar en situaciones críticas debido a la presencia de latencia en el envío de datos y en la débil disponibilidad de la nube frente a estos datos especiales. *Dew* sí le aporta a IoT en situaciones donde la latencia no es crítica ya que puede tomar decisiones locales y luego enviar los registros cuando la conexión esté disponible o sin importancia para este escenario. Está muy presente en situaciones médicas, desastres entre otros, que no dependen de una conexión a internet y sí necesiten procesamiento local para generar una decisión vital.

La arquitectura *Dew* será parte indispensable en IoT por su componente de procesamiento dado el valor de los datos que se generan y reduciendo los costos económicos adicionales que incurre el usuario en procesar los datos en la nube, además reduciendo el riesgo de pérdida de datos durante la transmisión.

Basado en los resultados del trabajo de investigación se denota la reducción de ancho de banda y el tiempo de conexión significativo como se muestra en la figura 24, donde se demarca el comparativo entre el tiempo y los datos enviados en *bits/seg* es decir, la permanencia de la conexión hacia la nube, por su connotación de IoT, debe mantener y transferir los datos inmediatamente apenas sucedan. Para *Dew*, su programación de envío de datos es diferente donde está basado en eventos, marcado en cada 10 segundos se envía un dato. Si hay un cambio de temperatura brusco o abrupto es detectado por el dispositivo y es enviado inmediatamente.

En los resultados de las pruebas en *Dew* se de nota al reducción del tamaño de los paquetes y la reducción en la utilización del ancho de banda, en varias situaciones donde se llega a marcar con un valor de 0.0006 de uso, es decir, queda disponible en el ancho de banda en alrededor de 99%. Para la prueba se confirma la recepción de los datos por el protocolo de comunicación MQTT utilizado para los desarrollos en IoT y un *framework IoT*.

Para las recomendaciones se sugiere que se tome este trabajo como base para un nuevo estudio que pueda aportar y dar un punto de partida para el futuro investigador.

La recomendación esta en la creación y utilización de *frameworks* que puedan ser estándares dónde aporten a esta arquitectura, incluyendo los nuevos dispositivos que sean compatibles con esta arquitectura. Adicionalmente se sugiere al investigador la utilización de los RTOS para determinar el desarrollo de la arquitectura *Dew*, logrando potencializar las diferentes capas de computación distribuida inteligente y agilizando el desarrollo de soluciones IoT entre otras tecnologías como inteligencia artificial y cognitiva, donde recopile información de varias capas y logren una eficiente integración.

8. REFERENCIAS

AWS Developers. (2017, diciembre 12). AWS Greengrass – Computación de Lambda integrada en dispositivos conectados – Amazon Web Services. Recuperado 12 de diciembre de 2017, a partir de [//aws.amazon.com/es/greengrass/](https://aws.amazon.com/es/greengrass/)

Brezany, P., Ludescher, T., & Feilhauer, T. (2017). Cloud-Dew computing support for automatic data analysis in life sciences. En *2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 365-370). <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2017.7973450>

Cabé, B. (2018). *Key Trends from the IoT Developer Survey 2018*. Recuperado a partir de <https://blogs.eclipse.org/post/benjamin-cab%C3%A9/key-trends-iot-developer-survey-2018>

Chang, K.-D., Chen, J.-L., Chen, C.-Y., & Chao, H.-C. (2012). IoT operations management and traffic analysis for Future Internet. En *Computing, Communications and Applications Conference (ComComAp), 2012* (pp. 138–142). IEEE.

Crnko, N. (2017). Distributed Database System as a base for multilanguage support for legacy software. En *2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 371-374). <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2017.7973451>

Crook, S., MacGillivray, C., & Turner, V. (2017, julio 1). IDC MarketScape: Worldwide IoT Platforms (Software Vendors) 2017 Vendor Assessment. Recuperado 12 de diciembre de 2017, a partir de <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US42033517>

Deepti Sharma, P. K. (2015). A Detail Review on Cloud, Fog and Dew Computing. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, 5(5), 9.

Fernández, P. (1996). Determinación del tamaño muestral. *Cad Aten Primaria*, 3, 138–141.

Frincu, M. (2017). Architecting a hybrid cross layer dew-fog-cloud stack for future data-driven cyber-physical systems. En *2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 399-403). <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2017.7973456>

Goleva, R. I., Garcia, N. M., Mavromoustakis, C. X., Dobre, C., Mastorakis, G., & Stainov, R. (2017). Chapter 16 - End-Users Testing of Enhanced Living Environment Platform and Services. En *Ambient Assisted Living and Enhanced Living Environments* (pp. 427-440). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805195-5.00016-8>

Goleva, R. I., Garcia, N. M., Mavromoustakis, C. X., Dobre, C., Mastorakis, G., Stainov, R., ... Trajkovik, V. (2017). Chapter 8 - AAL and ELE Platform Architecture. En *Ambient Assisted Living and Enhanced Living Environments* (pp. 171-209). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805195-5.00008-9>

Gordienko, Y., Stirenko, S., Alienin, O., Skala, K., Sojat, Z., Rojbi, A., ... Jervan, G. (2017). Augmented Coaching Ecosystem for Non-obtrusive Adaptive Personalized Elderly Care on the basis of Cloud-Fog-Dew computing paradigm. En *2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 359-364). <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2017.7973449>

Gremban, K., & Street, C. (2017, noviembre 15). What is Azure IoT Edge. Recuperado 7 de diciembre de 2017, a partir de <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-edge/how-iot-edge-works>

Gusev, M. (2017). A dew computing solution for IoT streaming devices. En *2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 387-392). <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2017.7973454>

Gusev, M., & Guseva, A. (2017). State-of-the-art of cloud solutions based on ECG sensors. En *IEEE EUROCON 2017 -17th International Conference on Smart Technologies* (pp. 501-506). <https://doi.org/10.1109/EUROCON.2017.8011162>

Huang, D., & Wu, H. (2018). Chapter 6 - Edge Clouds – Pushing the Boundary of

Mobile Clouds. En *Mobile Cloud Computing* (pp. 153-176). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809641-3.00008-9>

Józwiak, L. (2017). Advanced mobile and wearable systems. *Microprocessors and Microsystems*, 50 (Supplement C), 202-221. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2017.03.008>

Kholod, I., Efimova, M., Rukavitsyn, A., & Andrey, S. (2017). Time Series Distributed Analysis in IoT with ETL and Data Mining Technologies. En *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems* (pp. 97-108). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67380-6_9

Lorga, M., Feldman, L., Barton, R., Martin, M., Goren, N., & Mahmoudi, C. (2017, septiembre 21). The NIST Definition of Fog Computing. Recuperado 11 de octubre de 2017, a partir de <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-191/draft>

Luchian, E. F., Taut, A., Ivanciu, I. A., Lazar, G., & Dobrota, V. (2017). Mobile wireless sensor network gateway: A raspberry Pi implementation with a VPN backend to OpenStack. En *2017 25th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)* (pp. 1-5). <https://doi.org/10.23919/SOFTCOM.2017.8115561>

Mell, P., & Grance, T. (2011, julio 7). The NIST Definition of Cloud Computing. Recuperado 5 de diciembre de 2017, a partir de <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>

MSV, J. (2017, septiembre 15). Demystifying Edge Computing -- Device Edge vs. Cloud Edge. Recuperado 12 de octubre de 2017, a partir de <https://www.forbes.com/sites/janakirammsv/2017/09/15/demystifying-edge-computing-device-edge-vs-cloud-edge/>

Mulay, P., Patel, K., & Gauchia, H. G. (2017). Distributed system implementation based on «ants feeding birds» algorithm: Electronics transformation via animals and human. En *Detecting and Mitigating Robotic Cyber Security Risks* (pp. 51-85). <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2154-9.ch005>

Patel, H., Chaudhari, R., R Prajapati, K., & A Patel, A. (2017). The Interdependent

Part of Cloud Computing:Dew Computing.

Podbojec, D., Herynek, B., Jazbec, D., Cvetko, M., Debevc, M., & Kožuh, I. (2017). 3D-based location positioning using the Dew Computing approach for indoor navigation. En *2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 393-398). <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2017.7973455>

Quwaider, M., Al-Alyyoub, M., & Jararweh, Y. (2016). Cloud Support Data Management Infrastructure for Upcoming Smart Cities. *Procedia Computer Science*, 83, 1232–1237.

Ray, P. P. (2017). An Introduction to Dew Computing: Definition, Concept and Implications. *IEEE Access*, PP(99), 1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2775042>

Rindos, A., & Wang, Y. (2016). Dew Computing: The Complementary Piece of Cloud Computing. En *Big Data and Cloud Computing (BDCloud), Social Computing and Networking (SocialCom), Sustainable Computing and Communications (SustainCom)(BDCloud-SocialCom-SustainCom), 2016 IEEE International Conferences on* (pp. 15–20). IEEE. Recuperado a partir de <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7723668/>

Ristov, S., Cvetkov, K., & Gusev, M. (2016). Implementation of a Horizontal Scalable Balancer for Dew Computing Services. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 17(2), 79–90.

Skala, K., Davidovic, D., Afgan, E., Sovic, I., & Sojat, Z. (2015). Scalable distributed computing hierarchy: Cloud, fog and dew computing. *Open Journal of Cloud Computing (OJCC)*, 2(1), 16–24.

Šojat, Z., & Skala, K. (2016). Views on the role and importance of dew computing in the service and control technology. En *2016 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 164-168). <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2016.7522131>

Šojat, Z., & Skala, K. (2017). The dawn of Dew: Dew Computing for advanced living

environment. En *2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 347-352). <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2017.7973447>

Stojkoska, B. R., Trivodaliev, K., & Davcev, D. (2017). Internet of things framework for home care systems. *Wireless Communications and Mobile Computing, 2017*. <https://doi.org/10.1155/2017/8323646>

Uehara, M. (2017). Mist Computing: Linking Cloudlet to Fogs. En *Computational Science/Intelligence and Applied Informatics* (pp. 201-213). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63618-4_15

Vogels, W. (2017, junio 7). Unlocking the Value of Device Data with AWS Greengrass. [Blog]. Recuperado 21 de febrero de 2018, a partir de <https://www.allthingsdistributed.com/2017/06/unlocking-value-device-data-aws-greengrass.html>

Wang, Y. (2017). The Theory and Applications of Dew Computing. En *Proceedings of the 27th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering* (pp. 317–317). Riverton, NJ, USA: IBM Corp. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/aure.unab.edu.co/citation.cfm?id=3172795.3172843>

Wang, Y., & LeBlanc, D. (2016). Integrating SaaS and SaaS with Dew Computing. En *Big Data and Cloud Computing (BDCloud), Social Computing and Networking (SocialCom), Sustainable Computing and Communications (SustainCom)(BDCloud-SocialCom-SustainCom), 2016 IEEE International Conferences on* (pp. 590–594). IEEE. Recuperado a partir de <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7723746/>

Zhou, Y., Zhang, D., & Xiong, N. (2017). Post-cloud computing paradigms: a survey and comparison. *Tsinghua Science and Technology, 22*(6), 714-732. <https://doi.org/10.23919/TST.2017.8195353>