



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE COMPUTACIÓN

HERRAMIENTA DE AUTOMATIZACIÓN,
MONITOREO Y ANÁLISIS DE
COMPONENTES Y ARTEFACTOS BASADOS
EN EL INTERNET DE LAS COSAS

PEDRO LUIS BOLL LUGO
CÉDULA: 20.173.376

TUTOR:
PROF. ANTONIO RUSONIELLO

CARACAS, OCTUBRE 2023

Agradecimientos

.

Resumen

La ubicuidad de una creciente cantidad de dispositivos inteligentes que se pueden conectar e interactuar con otros sistemas y dispositivos, aunado a la presencia de cada vez más sensores capaces de leer múltiples variables como de actuadores que se accionen siguiendo un comportamiento preestablecido han generado la necesidad de poder tratar con la complejidad subyacente tanto del volumen de datos que se generan en el proceso, así como también de formas adecuadas de presentar la información capturada de dichos procesos, sin dejar de lado la gestión de dichos procesos automatizados de una manera sencilla.

A esta situación donde se unen las capacidades de computo, de captura de información y de actuar sobre el ambiente, en conjunto con la posibilidad de conectarse a las redes es lo que ahora llamamos al internet de las cosas (o IoT por sus siglas en ingles). El potencial que representa el internet de las cosas en la actualidad aunque amplio puede verse incompleto sin sistemas que sean capaces de brindar de manera adecuada información útil a los usuarios y la posibilidad de brindar la capacidad de controlar flujos automáticos de manera simple y centralizada ya sea que este desencadene una serie de actividades en nuestro hogar o sea un complejo conjunto de operaciones críticas en una industria.

A continuación se presenta una propuesta para comenzar a llenar ese vacío fundamental entre la observabilidad y la gestión de dichos dispositivos IoT, mostrando el desarrollo e investigación realizado para crear una herramienta de visualización de datos de sensores, así como también la posibilidad de poder controlar los elementos configurables (actuadores) a través de la creación de flujos de automatización. Por tales objetivos a este software desarrollado lleva el nombre de “HAMACA” que no es más que el acronimo de “Herramienta de Automatización, Monitoreo y Análisis de Componentes y Artefactos”, como tanto nos gusta a los desarrolladores usar para nombrar nuestros proyectos.

Palabras Claves: Internet, Computador, Internet de las Cosas, Sistemas automatizados, Monitoreo, Visualización.

Índice general

Agradecimientos	2
Resumen	3
Lista de figuras	7
Lista de tablas	8
1. Introducción	9
2. Problema de Investigación	11
2.1. Planteamiento del Problema	11
2.1.1. Justificación	11
2.1.2. Alcance	12
2.1.3. Objetivos	12
2.1.3.1. Objetivos Generales	12
2.1.3.2. Objetivos Específicos	12
3. Internet de las Cosas	14
3.1. Definición	14
3.2. Modelos de Comunicación	15
3.2.1. Comunicación Dispositivo a Dispositivo	15
3.2.2. Comunicación Dispositivo a la Nube	15
3.2.3. Comunicación Dispositivo a Puerta de Enlace	15
3.2.4. Comunicación Dispositivo a Intercambio de Datos en Back-end	16
3.3. Aplicaciones del Internet de las Cosas	17
3.3.1. Hogares	17
3.3.2. Industrias	17
3.3.3. Transporte y Logística	17
3.3.4. Comercio	17
3.3.5. Tecnologías Vestibles	17
3.3.6. Medicina y Salud	17
3.3.7. Ciudades Inteligentes	17
3.4. Interoperatividad entre Infraestructuras y Dispositivos	17
3.4.1. Ecosistemas	17
3.4.2. Restricciones	17
3.4.3. Riesgos	18

3.4.4.	Sistemas Heredados	18
3.4.5.	Configuración de dispositivos	18
3.5.	Protocolos y Estándares Utilizados	18
3.5.1.	Protocolos	18
3.5.1.1.	HTTP	18
3.5.1.2.	MQTT	18
3.5.1.3.	IPv4 e IPv6	18
3.5.2.	Estándares	18
3.5.2.1.	Bluetooth	18
3.5.2.2.	Redes Celulares	18
3.5.2.3.	NFC	18
3.5.2.4.	Wifi	19
3.5.2.5.	Zigbee	19
3.5.2.6.	Z-Wave	19
3.6.	Seguridad	19
4.	Herramientas de Monitoreo, Visualización y Control	20
4.1.	Herramientas de Monitoreo	20
4.2.	Herramientas de Visualización	20
4.3.	Herramientas de Control	20
5.	Diseño e Implementación	21
5.1.	Diseño de la solución	21
5.2.	Implementación de la solución	21
6.	Entorno de Pruebas	22
6.1.	Escenarios de pruebas	22
6.1.1.	Dispositivos IoT	22
6.1.1.1.	Raspberry Pi 3B	22
6.1.1.2.	Raspberry Pi Zero	22
6.1.1.3.	Arduino Uno	22
6.1.2.	Aplicación HAMACA	22
6.1.2.1.	Captura de Información	22
6.1.2.2.	Visualización de datos	22
6.1.2.3.	Monitoreo de Dispositivos	22
6.1.2.4.	Control de Dispositivos	23
7.	Casos de Uso	24
7.1.	Laboratorios de Investigación y Desarrollo	24
7.1.1.	Entornos Académicos	24
7.1.2.	Entornos Industriales	24
7.2.	Ambientes Domésticos	24
7.3.	Oficinas	24

8. Resultados, Limitaciones y Trabajos Futuros	25
8.1. Resultados	25
8.2. Limitaciones	25
8.3. Contribuciones	25
8.4. Trabajos Futuros	25
9. Conclusiones	26
Bibliografía	27

Índice de figuras

3.1. Modelo dispositivo a dispositivo	15
3.2. Modelo dispositivo a la nube	15
3.3. Modelo dispositivo a puerta de enlace	16
3.4. Modelo dispositivo a intercambio de datos en back-end	16

Índice de tablas

Capítulo 1

Introducción

En general la adopción de nuevas tecnologías suele ocurrir de manera dispar. En algunas ocasiones la adopción es lenta y paulatina lo cual permite que pueda madurar en los diversos entornos en donde se implantan así como también permite crear formas ordenadas y planificadas de crecimiento de los elementos que se encuentran involucrados. Por otro lado también existen tecnologías que debido a su rápido crecimiento hacen que las personas y organizaciones deban adaptarse y ser flexibles en la manera en que se piensa se deben usar los avances, así como también la gama completa de oportunidades y debilidades que representa su uso.

Una de esas tecnologías que ha cambiado la manera en que los seres humanos actuamos es el computador personal. Con el acceso a una plataforma tan poderosa, la capacidad de poder automatizar elementos de la vida cotidiana y de procesos complejos en las industrias, se tiene la receta para ser una de las herramientas mas importantes que haya creado el hombre.

Otra tecnología que ha cambiado al mundo es la capacidad de acceder y compartir información a través de una red. Su evolución a lo largo del tiempo a lo que ahora es el internet ha sido uno de los avances cruciales en la historia. No es una tecnología reciente, pero se ha masificado y democratizado su acceso de tal forma que es un aspecto omnipresente para mas de la mitad de la población mundial. Las diversas plataformas que se apoyan en la red de redes”nos han ayudado a masificar la adopción de otro conjunto enorme de otras tecnologías, pues su flexibilidad y la madurez de los procesos que involucran la capacidad de conexión es catalizador de oportunidades para resolver problemas.

Si juntamos los aspectos de computo y conectividad vemos que de manera disruptiva actualmente se tiene la oportunidad de mejorar y automatizar muchos de los procesos que antes por costo, logística o complejidad eran difíciles de llevar a cabo. El crecimiento en la información y en masificación de artefactos y elementos que obtienen datos de su entorno proveen a los involucrados de una nueva visión del funcionamiento de las cosas que no era posible. Es esta revolución de la información la llamamos ”internet de las cosas”(o IoT por sus siglas en ingles) y es una tendencia en la tecnología en pleno crecimiento y que seguirá creciendo de manera activa en los años por venir.

Sin embargo como en casi todo nuevo avance en la tecnología, no ha venido sin presentar retos y dificultades propias. El gran volumen de información generado de manera automatizada, el control y monitoreo de dispositivos y artefactos a lo largo y ancho de complejos sistemas y y nuevos flujos automáticos donde antes no eran posibles de realizar hacen cada vez mas difícil el poder tener un panorama claro de las operaciones de estos sistemas por lo que se requieren de infraestructuras, plataformas y desarrollos nuevos para poder mejorar los aspectos de adopción mas ordenada de una forma tan nueva de hacer las cosas. Es así como nace la propuesta de comenzar a realizar la integración de tecnologías probadas que juntas puedan dar un mejor panorama en la observación y control de elementos de las operaciones y acciones que llevamos a cabo de manera automatizada en nuestro día a día.

En el siguiente trabajo de investigación se presenta una propuesta de un software que sea capaz de brindar la capacidad de mostrar datos en tiempo real e histórica provenientes de sensores y actuadores de dispositivos basados en el internet de las cosas, así como también la capacidad de crear flujos de automatización y control de los mismos, de forma que sea una plataforma centralizada para la gestión de los dispositivos IoT dentro de un ambiente en específico.

En el capítulo dos presentamos de una manera detallada el problema de investigación, los antecedentes y motivaciones que llevan a examinar este problema desde el punto de vista investigativo, así como cuales son los principios que justifican indagarlo. Con ese conocimiento podemos presentar una solución en donde se tiene el alcance del proyecto, así como también de plantean los objetivos generales y específicos con los que abordaran del punto de vista metodológico.

En los capítulos tres y cuatro se presentan los conceptos teóricos requeridos para abarcar los procesos mencionados previamente, en un primer momento tomando el concepto de internet de las cosas de manera clara y las ventajas y desventajas que ha tenido la adopción de este tipo de tecnologías en la sociedad y luego presentando un panorama sobre las herramientas de visualización y de control existentes y como el enfoque adecuado puede ayudar a cerrar la brecha entre los datos que se van generando y las gestión de dispositivos que son cada vez mas omnipresentes como complejos.

Para los capítulos cinco, seis y siete presentamos el marco metodológico utilizado para diseñar, crear, probar y validar el funcionamiento integral de los componentes desarrollados con el fin de poder cumplir con los objetivos planteados, incluyendo los posibles escenarios donde este proyecto puede dar un valor agregado a las estructuras existentes.

Por último, los capítulos ocho y nueve nos dan la presentación de los resultados finales tras el desarrollo, entendiendo las circunstancias con la que se desarrollo el problema y sugiriendo una serie de trabajos futuros pueden llevarse a cabo a partir de esta base. Ademas se establecen las conclusiones finales a las que se llegan marcando la tesis mencionada después de todo el trabajo investigativo realizado.

Capítulo 2

Problema de Investigación

2.1. Planteamiento del Problema

El evidente incremento actual en la cantidad de dispositivos inteligentes en los últimos años ha generado que estemos rodeados de sensores de toda índole, lo que representa una oportunidades de capturar información a la cual antes no se tenía acceso. Si a esa omnipresencia le agregamos el factor de conectividad presentes en dichos dispositivos vemos que estamos ante un tipo de tecnología disruptiva con el potencial para cambiar el entorno en los que todos hacemos vida.

El internet de las cosas, nombre que se le da a esta combinación entre dispositivos la capacidad de conexión establece que seremos capaces de automatizar muchas más tareas complejas basándonos en microdecisiones tomadas por los mismos dispositivos, haciendo uso de la información que recolectan y actuando en consonancia con ciertos criterios, haciendo más eficientes dichos procesos, consumiendo menos recursos, alertando sobre potenciales problemas, entre otras ventajas.

Sin embargo la cantidad de dispositivos, el volumen de información y la capacidad de computo requerido se incrementa a pasos agigantados haciendo que la capacidad de observar cada flujo de información de procesos y el control tanto automatizado como manual de dichos dispositivos se vuelva una tarea compleja. A pesar de la existencia de múltiples herramientas que permiten palear parte de esa problemática, son pocas las opciones que cumplen tanto la función de visualización de datos, de monitoreo de recursos así como también de la controlar complejos flujos de acciones de múltiples dispositivos de manera centralizada, además de no existir alternativas flexibles para quienes desean adaptar determinado aspecto de la automatizaciones.

2.1.1. Justificación

Dada ese situación donde es cada vez mas complejo poseer aspectos de gestión y administración de los flujos de automatización en los que se encuentran dichos dispositivos que a la larga es necesario tener a la mano una o más herramientas que permitan rescatar la observabilidad de uno de esos aspectos funcionales de las automatizaciones de procesos basados en el IoT, ya sea en el monitoreo de los sensores, en la gestión de

data e información en tiempo real o histórica y por último el control de dichos dispositivos bajo rutinas predeterminadas.

Esto también significa que para quienes se encarguen de realizar inteligencia de negocios sobre dichos datos masivos se encuentran en una posición difícil para tratar de entender el contexto de los mismos y que información pueden aportar sin tener que ser exhaustivos o aplicando métodos complejos para tratar la información. Incluso como usuarios finales en la vida cotidiana se nos hace cada vez mas complejo observar todos los datos que se capturan de nuestros dispositivos y verlos de manera centralizada.

Es allí donde se requieren una nueva generación de herramientas de monitoreo, control, análisis y con la capacidad de poder sustentar dichos complejos procesos automáticos y presentarlos de manera fácil e intuitiva a las personas.

2.1.2. Alcance

Para comenzar a subsanar esa brecha en las herramientas se propone la creación de un desarrollo que en principio contemple una forma centralizada de monitorear y controlar dispositivos IoT, contando con la capacidad de observar los datos en tiempo real e histórico de los sensores y actuadores que se registren usando uno de los múltiples protocolos abiertos de conexión y con la capacidad de presentar información simplificada acordes a las necesidades que presente el usuario final para observar dichos datos. A su vez este trabajo debe servir de framework de desarrollos futuros en el área del IoT en general.

2.1.3. Objetivos

2.1.3.1. Objetivos Generales

Se plantea el desarrollo de un software que permita observar y controlar dispositivos de forma transparente, intuitiva y flexible en la forma en que se presente información en tiempo real como histórica de los sensores y actuadores de dispositivos que se registren en el. Este desarrollo también debe poseer la capacidad de extender mediante módulos futuros casos de uso para implementar o extender sus capacidades iniciales a un rango mayor de dispositivos y estándares.

2.1.3.2. Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo general estipulado se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Establecer la arquitectura para una solución modular adecuada para dar soporte a un sistema basado en el monitoreo/control de dispositivos IoT de manera centralizada.
- Construir prototipos funcionales de uno o más dispositivos IoT para la captura de datos de las variables sobre los procesos que simulen de manera realista un escenario para validar el monitoreo y gestión a través del proyecto.

- Seleccionar y utilizar herramientas diseñadas para trabajar con estándares abiertos y que permita la integración de múltiples herramientas de diversas índole a lo largo del proyecto, para explotar de mejor forma la información obtenida de los dispositivos.
- Utilizar e integrar herramientas de visualización de datos de forma intuitiva, así como también que permitan el control de artefactos y dispositivos.

Capítulo 3

Internet de las Cosas

3.1. Definición

El “Internet de las Cosas”, también conocido como IoT por sus siglas en inglés es el término utilizado para designar al conjunto de artefactos y dispositivos que poseen la capacidad de conectarse entre ellos o a otras redes como el internet de forma que pueden transmitir y recibir datos e información. De manera formal no existe una definición estandarizada sobre el concepto de IoT, pues dependiendo de la organización puede considerarse el concepto desde el punto de vista desde el cual se observe el concepto, sea desde la perspectiva de las redes, desde el punto de vista de los dispositivos o bien desde el punto de vista de los sistemas automatizados.

La primera aparición del término fue realizada en la conferencia “Congressional Black Caucus Foundation 15th Annual Legislative Weekend” en Washington, D. C. en septiembre del año 1985 por parte de Peter Lewis [1] en donde define que “El Internet de las cosas, o IoT, es la integración de personas, procesos y tecnología con dispositivos y sensores conectables para permitir el monitoreo, estado, manipulación y evaluación remota de las tendencias de dichos dispositivos” [2].

Sin embargo este concepto fue olvidado hasta el año 1999 cuando Kevin Ashton independientemente lo utilizó ilustrar el poder de conectar Etiquetas de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) usadas en las cadenas de suministro corporativas a Internet para contar y rastrear mercancías sin la necesidad de intervención humana [3].

Para fines prácticos, durante esta investigación se toma el concepto de original de Peter Lewis, al ser una propuesta genérica e independiente del aspecto funcional examinado. Sin embargo es importante recalcar el hecho que las Las diversas definiciones de IoT no necesariamente están en desacuerdo, sino que enfatizan diferentes aspectos de las tecnologías aplicadas sobre los dispositivos IoT desde diferentes puntos focales y casos de uso. [3]

3.2. Modelos de Comunicación

Desde el punto de vista teórico, los dispositivos IoT pueden interconectarse de varias formas. Estos siguen el marco de desarrollo planteado por el estandar RFC-7452 [4] en el que se plantean 4 modelos de comunicación con características propias. Esos modelos son:

3.2.1. Comunicación Dispositivo a Dispositivo

Este modelo de comunicación es el mas simple de todos los paradigmas y consiste básicamente en poder conectar directamente los dispositivos independientemente del medio usado. Los dispositivos se comunican usando alguno de los protocolos y estándares disponibles que sean capaces de comprender. En el ámbito del IoT esta comunicación se realiza de manera inalámbrica y donde los datos o instrucciones suelen ser bastante pequeños o poco frecuentes (figura 3.1). En grandes cantidades estaríamos en presencia de un modelo netamente distribuido.

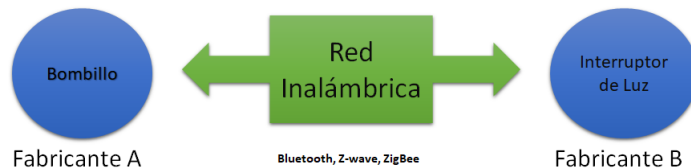


Figura 3.1: Modelo dispositivo a dispositivo

3.2.2. Comunicación Dispositivo a la Nube

En el modelo de comunicación dispositivo a la nube, la conexión del dispositivo se conecta directamente a una nube (propia o federada) usando un proveedor de servicio (figura 3.2). Este enfoque frecuentemente se aprovecha de los mecanismos de comunicación como redes celulares o la infraestructura de procesamiento de una organización de manera directa para establecer la conexión entre el dispositivo y el servicio en la nube.



Figura 3.2: Modelo dispositivo a la nube

3.2.3. Comunicación Dispositivo a Puerta de Enlace

El modelo de comunicación dispositivo a puerta de enlace establece una dispositivo o capa intermedia que concentre todas las comunicaciones (hub o broker) entre los Herramienta de Automatización, Monitoreo y Análisis de Componentes y Artefactos basados en el Internet de las Cosas

dispositivos y de allí de ser necesario a otros fragmentos de la red o a internet (figura 3.3). La ventaja de este enfoque es la capacidad de operar de manera centralizada parte de las comunicaciones de los dispositivos. Muchos protocolos están basados en el principio del paradigma de cliente-servidor por lo que este se adapta de manera natural al modelo.

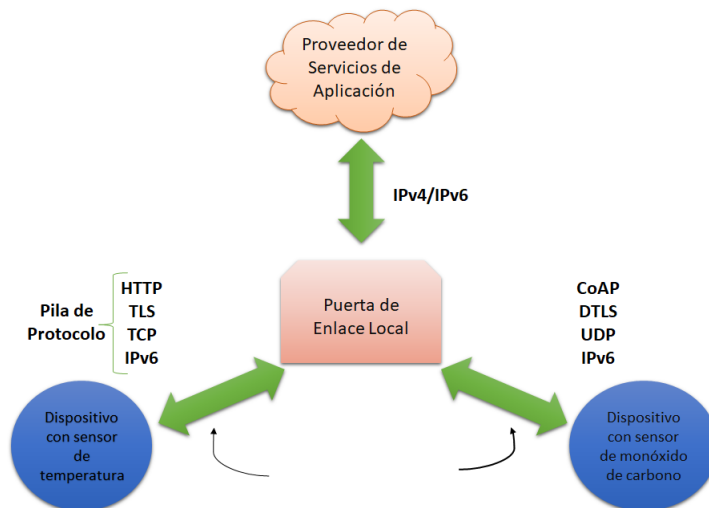


Figura 3.3: Modelo dispositivo a puerta de enlace

3.2.4. Comunicación Dispositivo a Intercambio de Datos en Back-end

Este modelo es una forma automatizada de conexiones, en donde el dispositivo envía los datos a una o más APIs para de manera transparente, haciendo que este pueda intercambiar la información entre servicios que no necesariamente están estructurados o que pertenecen a un tercero (figura 3.4). Particularmente este modelo es útil cuando se requiere que la información sea fácilmente accesible a través de múltiples plataformas o sistemas independientes.

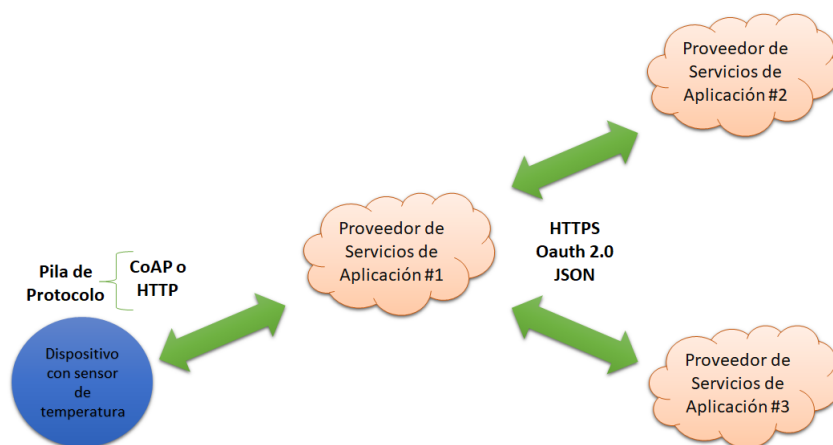


Figura 3.4: Modelo dispositivo a intercambio de datos en back-end

3.3. Aplicaciones del Internet de las Cosas

hue

3.3.1. Hogares

hue

3.3.2. Industrias

hue

3.3.3. Transporte y Logística

hue

3.3.4. Comercio

hue

3.3.5. Tecnologías Vestibles

hue

3.3.6. Medicina y Salud

hue

3.3.7. Ciudades Inteligentes

hue

3.4. Interoperatividad entre Infraestructuras y Dispositivos

hue

3.4.1. Ecosistemas

hue

3.4.2. Restricciones

hue

3.4.3. Riesgos

hue

3.4.4. Sistemas Heredados

hue

3.4.5. Configuración de dispositivos

hue

3.5. Protocolos y Estándares Utilizados

hue

3.5.1. Protocolos

hue

3.5.1.1. HTTP

hue

3.5.1.2. MQTT

hue

3.5.1.3. IPv4 e IPv6

hue

3.5.2. Estándares

hue

3.5.2.1. Bluetooth

hue

3.5.2.2. Redes Celulares

hue

3.5.2.3. NFC

hue

3.5.2.4. Wifi

hue

3.5.2.5. Zigbee

hue

3.5.2.6. Z-Wave

hue

3.6. Seguridad

hue.

Capítulo 4

Herramientas de Monitoreo, Visualización y Control

hue

4.1. Herramientas de Monitoreo

hue

4.2. Herramientas de Visualización

hue

4.3. Herramientas de Control

hue

Capítulo 5

Diseño e Implementación

hue

5.1. Diseño de la solución

hue

5.2. Implementación de la solución

hue

Capítulo 6

Entorno de Pruebas

6.1. Escenarios de pruebas

hue

6.1.1. Dispositivos IoT

hue

6.1.1.1. Raspberry Pi 3B

hue

6.1.1.2. Raspberry Pi Zero

hue

6.1.1.3. Arduino Uno

hue

6.1.2. Aplicación HAMACA

hue

6.1.2.1. Captura de Información

hue

6.1.2.2. Visualización de datos

hue

6.1.2.3. Monitoreo de Dispositivos

hue

6.1.2.4. Control de Dispositivos

hue

Capítulo 7

Casos de Uso

hue

7.1. Laboratorios de Investigación y Desarrollo

hue

7.1.1. Entornos Académicos

hue

7.1.2. Entornos Industriales

hue

7.2. Ambientes Domésticos

hue

7.3. Oficinas

hue

Capítulo 8

Resultados, Limitaciones y Trabajos Futuros

hue

8.1. Resultados

hue

8.2. Limitaciones

hue

8.3. Contribuciones

hue

8.4. Trabajos Futuros

hue

Capítulo 9

Conclusiones

hue
hue

Bibliografía

- [1] Chetan Sharma. Correcting The IoT History. <https://www.chetansharma.com/correcting-the-iot-history/>. [Accedido: 14-10-2023].
- [2] Kamlesh Lakhwani. *Internet of Things (IoT) : Principles, Paradigms and Applications of IoT*. BPB Publications, 2020.
- [3] Kare Rose & Scott Eldridge & Lyman Chapin. The Internet of Things: An Overview - Understanding the issues and Challenges of a More Connected World. Technical report, The Internet Society, Octubre 2015.
- [4] H. Tschofenig & others. Architectural Considerations in Smart Object Networking. Technical report, Internet Architecture Board, Marzo 2015.