



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IOT APLICADO A
LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

CALVA JIMENEZ FREDDY FRANCISCO
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IoT
APLICADO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

CALVA JIMENEZ FREDDY FRANCISCO
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TRABAJO TITULACIÓN
PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IoT APLICADO A LA
AGRICULTURA DE PRECISIÓN

CALVA JIMENEZ FREDDY FRANCISCO
INGENIERO DE SISTEMAS

LOJA MORA NANCY MAGALY

MACHALA, 20 DE SEPTIEMBRE DE 2022

MACHALA
2022

METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IoT APLICADO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	andesambiental-cgarrido.blogspot.com	2%
Fuente de Internet		
2	historico.santander.gov.co	1%
Fuente de Internet		
3	www.progrezando.com	1%
Fuente de Internet		
4	Submitted to Corporación Universitaria Remington	1%
Trabajo del estudiante		
5	revistaalfa.org	1%
Fuente de Internet		
6	Submitted to Instituto Madrilenó de Formacion	1%
Trabajo del estudiante		

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CALVA JIMENEZ FREDDY FRANCISCO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IoT APLICADO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 20 de septiembre de 2022



CALVA JIMENEZ FREDDY FRANCISCO
0705609915

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia, en particular, a mis padres que han sido de grande apoyo en mi vida y carrera universitaria, fundamentales para el éxito en esta titulación.

A mis compañeros y amigos, que han sido parte del camino y que me han ayudado cuando he necesitado.

A mis docentes que, gracias a ellos, me ha sido posible completar la culminación de mi carrera para la obtención de mi título universitario.

Sr. Calva Jiménez Freddy Francisco

AGRADECIMIENTO

El primer agradecimiento es a Dios por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida, con salud y fortaleza; a mis padres por el esfuerzo que han realizado a lo largo de mi carrera, apoyándome en los momentos duros con buenos ánimos y sanos consejos.

A mis amigos y compañeros, que me han enseñado el trabajo en equipo para mi formación profesional.

A mis docentes, tutor y universidad, por ser una segunda casa donde he vivido bien mi etapa universitaria, conociendo siempre personas de calidad y claves para la culminación de mi carrera, en particular, a la Ing. Nancy Loja Mora, por ser mi tutora de tesis me ofreció su valioso conocimiento.

Sr. Calva Jiménez Freddy Francisco

RESUMEN

El internet de las cosas es la relación de objetos de la vida real con dispositivos tecnológicos que permiten conectarse entre los mismos y sistemas a través del internet u otras redes de comunicación con el fin de transmitir y recibir datos permitiendo así automatizar una acción. Tradicionalmente, la comunicación y conectividad se daba por dispositivos tecnológicos mediante Wi-Fi, mientras que hoy en día existen otras redes como la 4G o 5G que prometen ser plataformas de comunicación entre gran cantidad de dispositivos, este avance logra recopilar enorme cantidad de información desde cualquier lugar con velocidad, veracidad, disponibilidad e integridad.

El internet de las cosas (IoT) es un tema emergente de importancia social, económica y tecnológica, Actualmente, existe una combinación de productos, producto de consumo, productos industriales, sensores y objetos de la vida real con conectividad a internet y de gran capacidad de análisis que prometen transformar el modo de trabajar y vivir.

Las proyecciones del IoT se orientan a que en el año 2025 existan más de cien mil dispositivos conectados a IoT con un gran impacto beneficioso a la economía global. A pesar de que el internet de las cosas nos ofrece un gran número de beneficios, también plantea grandes desafíos como la seguridad, rendimiento y sostenibilidad. Internet de las cosas permite desarrollar aplicaciones en diferentes sectores: la industria, transporte, comercio, hogares, ciudades, en la agricultura, entre otros.

La modernización de las prácticas agrícolas surge como un nuevo desafío relacionado al concepto de sostenibilidad ambiental y económica del proceso de producción. Como resultado a estas prácticas agrícolas modernizadas se tiene la innovación en base a tecnología que permite recolectar datos, analizarlos, interpretarlo y aplicarlos en la preparación de cultivos, siembra, siembra y cultivo. Así como también, en el procesamiento de productos agrícolas y en el mantenimiento preventivo de cualquier área.

La agricultura de precisión parte como apoyo a las actividades agrícolas, integra diversas tecnologías con el fin de optimizar la productividad de un cultivo, garantizar la sostenibilidad, minimizar el impacto ambiental y efectivizar los procesos agrícolas. producción, aumento de la productividad y rentabilidad de empresas agrícolas.

Actualmente no existe una metodología estándar que permita identificar las necesidades y plantear sus posibles soluciones mediante métodos y herramientas para ser

implementados en sistemas IoT de la agricultura de precisión. Por ese motivo, el proyecto tiene como objetivo el análisis comparativo de metodologías IoT aplicadas a la agricultura de precisión, para luego enfocarse en el desarrollo de una nueva metodología híbrida orientada a la seguridad y calidad del sistema, en la cual se detalla el diseño de metodología para el desarrollo de sistemas IoT mediante el análisis comparativo de metodologías ágiles implementadas en base al internet de las cosas, buenas prácticas de la investigación científica y el uso de la metodología ISO 9001. Esta metodología posee cuatro fases: Definición y análisis, Diseño de prototipo, Implementación, y, como última fase, Despliegue y calidad. Esta metodología es planteada en base a la comparativa de las metodologías ACOSO_Meth, INTER-METH y MicroIoT Methodology. El resultado de la evaluación de la metodología se realizó haciendo uso de la investigación cualitativa y cuantitativa permitiendo obtener un conocimiento profundo de implementación de sistemas IoT orientado a profesionales del área informática en la provincia de El Oro. Como resultado de la aplicación de la encuesta se obtuvo un promedio de 84,86/100 según parámetros de evaluación se concluye que la metodología AGRO_IOT cumple con los parámetros establecidos dentro de la calidad de la ISO 9001:2015

Palabras claves: Internet de las cosas, Agricultura de precisión, sostenibilidad, redes de sensores, ISO 9001.

ABSTRACT

The internet of things is the relationship of real-life objects with technological devices that allow them to connect to each other and systems through the internet or other communication networks in order to transmit and receive data, thus allowing an action to be automated. Traditionally, communication and connectivity were given by technological devices through Wi-Fi, while today there are other networks such as 4G or 5G that promise to be communication platforms between a large number of devices, this advance manages to collect a huge amount of information from anywhere with speed, accuracy, availability and integrity.

The internet of things (IoT) is an emerging topic of social, economic and technological importance. Currently, there is a mix of products, consumer product, industrial products, sensors and real-life objects with internet connectivity and high capacity. analyzes that promise to transform the way we work and live.

IoT projections point to the fact that by the year 2025 there will be more than one hundred thousand devices connected to IoT with a great beneficial impact on the global economy. Although the Internet of Things offers us a large number of benefits, it also poses great challenges such as security, performance and sustainability. Internet of things allows the development of applications in different sectors: industry, transport, commerce, homes, cities, agriculture, among others.

The modernization of agricultural practices emerges as a new challenge related to the concept of environmental and economic sustainability of the production process. As a result of these modernized agricultural practices, there is innovation based on technology that allows data to be collected, analyzed, interpreted and applied in the preparation of crops, sowing, sowing and cultivation. As well as, in the processing of agricultural products and in the preventive maintenance of any area.

Precision agriculture starts as support for agricultural activities, integrates various technologies in order to optimize the productivity of a crop, guarantee sustainability, minimize environmental impact and make agricultural processes more effective. production, increased productivity and profitability of agricultural enterprises.

Currently there is no standard methodology to identify needs and propose possible solutions through methods and tools to be implemented in precision agriculture IoT

systems. For this reason, the objective of the project is the comparative analysis of IoT methodologies applied to precision agriculture, to then focus on the development of a new hybrid methodology oriented to the safety and quality of the system, in which the design of methodology for the development of IoT systems through the comparative analysis of agile methodologies implemented based on the Internet of Things, good practices of scientific research and the use of the ISO 9001 methodology.

This methodology has four phases: Definition and analysis, Design of prototype, Implementation, and, as a last phase, Deployment and quality. This methodology is proposed based on the comparison of the ACOSO_Meth, INTER-METH and MicroIoT Methodology methodologies. The result of the evaluation of the methodology was carried out using qualitative and quantitative research, allowing to obtain a deep knowledge of the implementation of IoT systems oriented to professionals in the computer science area in the province of El Oro. As a result of the application of the survey, obtained an average of 84,86/100 , according to evaluation parameters it is concluded that the AGRO_IOT methodology complies with the parameters established within the quality of ISO 9001: 2015

Keywords: Internet of things, Precision agriculture, sustainability, sensor networks, ISO 9001.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
INTRODUCCIÓN	12
1 CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS.....	14
1.1 Ámbito de aplicación: descripción del contexto y hecho de intereses.....	14
1.2 Establecimiento de requerimientos.....	14
1.3 Justificación del requerimiento a satisfacer	15
2 CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO	16
2.1 Definición del prototipo tecnológico	16
2.2 Fundamentación teórica del prototipo	17
2.2.1 Internet of Things (IoT)	17
2.2.2 Desafíos de IoT	17
2.2.3 Aplicaciones IoT	18
2.2.4 ¿Qué es una metodología?.....	19
2.2.5 Metodologías existentes para IOT	19
2.2.6 Agricultura de precisión	23
2.2.7 Barreras y beneficios de IoT en la agricultura de precisión	24
2.2.8 Herramientas IoT aplicados a la agricultura de precisión	25
2.2.9 Norma ISO 9001	25
2.3 Objetivos del prototipo.....	26

2.3.1	Objetivo general.....	26
2.3.2	Objetivos específicos	26
2.4	Diseño del prototipo	26
2.4.1	Comparación de fases implementadas en las metodologías IoT	26
2.4.2	Comparación de la aplicación de la norma ISO 9001 en las metodologías: 28	
2.4.3	Prototipo propuesto	30
2.5	Ejecución y/o ensamblaje del prototipo	31
2.5.1	Fase I: Definición y análisis:.....	31
2.5.2	Fase II: Diseño de prototipo	31
2.5.3	Fase III: Implementación.....	32
2.5.4	Fase IV: Despliegue y calidad.....	32
3	CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO.....	34
3.1	Plan de evaluación	34
3.2	Resultados de la evaluación.....	34
	CONCLUSIONES	46
	RECOMENDACIONES	47
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
4	ANEXOS.....	52
4.1	ANEXO I: ENCUESTA APLICADA.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Metodología AGRO IOT	16
Figura 2:	Metodología Design Phase: ACOSO-based SO Metamodel	20
Figura 3:	Metodología INTER-METH	21
Figura 4:	Stages of the MicroIoT methodology	22
Figura 5:	Ciclo de vida de la agricultura de precisión	23
Figura 6:	Metodología propuesta AGRO_IOT.....	30

Figura 7: Edad de encuestados.....	35
Figura 8: Gráfico de la experiencia profesional.....	35
Figura 9: Conocimiento del término IoT.....	36
Figura 10: Aplicación IoT.....	37
Figura 11: Aplicación IoT.....	38
Figura 12: Beneficios de la aplicación IoT.....	39
Figura 13: Retos de la aplicación IoT.....	40
Figura 14: Conocimiento de aplicaciones IoT en sistemas agrícolas.....	40
Figura 15: Conocimiento de metodologías aplicadas al IoT.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metodologías IoT.....	26
Tabla 2: Comparación de las fases de las metodologías IoT.....	27
Tabla 3: Comparación entre metodologías elegidas mediante norma ISO 9001:2015.....	28
Tabla 4 Resultados de rango de edad.....	34
Tabla 5 Resultados de experiencia profesional.....	35
Tabla 6 Conocimiento del término IoT.....	36
Tabla 7 Aplicación IoT.....	36
Tabla 8 Aplicación IoT.....	37
Tabla 9 Beneficios de la aplicación IoT.....	38
Tabla 10 Retos de la aplicación IoT.....	39
Tabla 11 Conocimiento de aplicaciones IoT en sistemas agrícolas.....	40
Tabla 12 Conocimiento de metodologías aplicadas al IoT.....	41
Tabla 13 Puntuación escala de Likert.....	42
Tabla 14 Parámetros de evaluación.....	42
Tabla 15 Evaluación de parámetros de la norma ISO 9001:2015.....	43
Tabla 16 Puntuación de respuestas según escala de Likert.....	44
Tabla 17 Encuesta a aplicarse a profesionales del área.....	52

INTRODUCCIÓN

Desde su origen el internet ha brindado una nueva alternativa de comunicación no solo a base de la interacción humana, también ha permitido la comunicación de dispositivos sin alguna o poca intervención humana; de esa intercomunicación entre dispositivos nace el internet de las cosas [1], [2]. El internet de las cosas aparece como una nueva era de intercomunicación de objetos de la vida real capaces de capturar información del ambiente en el que se encuentre y transferir esos datos.

En los últimos años, Internet de las cosas ha evolucionado, el número de dispositivos conectados a nivel mundial superó los 11,700 millones en 2020, hasta el año 2025 alrededor de 152,200 a 22 mil millones de dispositivos IoT se encontrarán conectados a internet [3], [4] y se estima para el año 2030 más de 25,400 millones.

El internet de las cosas es aplicado en diversos ámbitos. IoT transforma el servicio en la agricultura; un monitoreo continuo del campo permite el poder detectar anomalías en el proceso y brindar soporte proactivo, así como también, realizar mantenimiento predictivo en base a un histórico de datos [5], [6].

La industria agrícola ha logrado con el tiempo ser una industria hiperconectada y sensorizada; con el fin de obtener datos y analizarlos hasta llegar a una toma de decisiones en base a la información recolectada [7], [8]. A causa de esta necesidad, nace un nuevo paradigma de mejora continua para los sistemas agrícolas implementados con dispositivos IoT, con el objetivo de cubrir las necesidades agrícolas [1], [5].

IoT puede ser aplicado en el riego inteligente, supervisión del ganado, agricultura de precisión con redes de sensores, supervisión de cultivos y calidad del suelo, almacenamiento, logística y mejora de la calidad en los productos [4], [7], [9], [10]. Actualmente no existe una metodología estándar que permita identificar las necesidades y plantear sus posibles soluciones mediante métodos y herramientas para ser implementados en sistemas IoT de la agricultura de precisión [5], [11]. Por tal motivo, se realiza una propuesta de una nueva metodología que tenga como complemento la norma ISO 9001 y que sirva como marco de referencia y guía en la implementación de sistemas IoT para la agricultura de precisión.

Para alcanzar el objetivo planteado, se realizó una comparación de las metodologías ACOSO_Meth, INTER-METH y MicroIoT Methodology. Además, para realizar este

proyecto se compararon mediante los parámetros de la norma ISO 9011:2015 las metodologías antes mencionadas.

La implementación de este proyecto entrega un marco de referencia y pautas, así como también, colaborará con parámetros para el desarrollo de sistemas IoT aplicados a la agricultura de precisión en base a la norma ISO 9001:2015.

El documento se estructura en tres capítulos:

1er capítulo. – contextualiza la factibilidad del proyecto y detalla los requerimientos que serán implementados en la propuesta del prototipo tecnológico.

2do capítulo. - detalla el desarrollo de proyecto, esta fase consta de 2 partes, en la primera parte del capítulo se describe el diseño del prototipo, describe conceptos utilizados en el desarrollo del proyecto y en la última parte se describe la comparación de las metodologías existentes y la metodología propuesta resultada de la comparación de las metodologías existentes.

3er capítulo. - es el último capítulo en el que, se establece los resultados del proyecto implementado, así como también, se detallan las conclusiones y recomendaciones según los objetivos planteados acorde a su solución.

1 CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS

1.1 Ámbito de aplicación: descripción del contexto y hecho de intereses

El internet ha tenido un crecimiento y una expansión global desde los 90, año de su primera aparición [12]. En Ecuador este incremento se ha visto reflejado desde el año 2010, en la zona urbana con un 16.70%, con un incremento del 50% en el año 2020, y, en la zona rural en el año 2010 con un porcentaje del 1.3% incrementando en el tiempo al año 2020 con un 66.70% [3]. Desde su origen el internet ha brindado una nueva alternativa de comunicación no solo a base de la interacción humana, también ha permitido la comunicación de dispositivos sin alguna o poca intervención humana; de esa intercomunicación entre dispositivos nace el internet de las cosas. El internet de las cosas aparece como una nueva era de intercomunicación de objetos de la vida real capaces de capturar información del ambiente en el que se encuentre y transferir esos datos.

En los últimos años, Internet de las cosas ha evolucionado, el número de dispositivos conectados a nivel mundial superó los 11,700 millones en 2020, hasta el año 2025 alrededor de 152,200 a 22 mil millones de dispositivos IoT se encontrarán conectados a internet y se estima para el año 2030 más de 25,400 millones [13], [14] .

La implementación del internet de las cosas es una tarea extensa debido a que, la heterogeneidad de los dispositivos hace necesario que se apliquen estándares en la comunicación y conexión a internet. Entre los estándares aplicados se encuentra el TCP/IP permitiendo la gestión de la seguridad en la fase de comunicación.

El internet de las cosas es aplicado en diversos ámbitos. IoT transforma el servicio en la agricultura; un monitoreo continuo del campo permite el poder detectar anomalías en el proceso y brindar soporte proactivo, así como también, realizar mantenimiento predictivo en base a un histórico de datos [5].

1.2 Establecimiento de requerimientos

La industria agrícola ha logrado con el tiempo ser una industria hiperconectada y sensorizada; con el fin de obtener datos y analizarlos hasta llegar a una toma de decisiones en base a la información recolectada [7], [8]. A causa de esta necesidad, nace un nuevo paradigma de mejora continua para los sistemas agrícolas implementados con dispositivos IoT, con el objetivo de cubrir las necesidades agrícolas [15].

En la actualidad, ante un mundo interconectado, es ideal tener mecanismos y metodologías que permitan un proceso de medición y correlación con ayuda de métodos y patrones que sirvan como marco de trabajo para una implementación óptima de IoT en los sistemas agrícolas [15], [16].

Entre las actividades a realizar se encuentra el análisis comparativo de metodologías IoT aplicadas a la agricultura de precisión, para luego enfocarse al desarrollo de una metodología híbrida orientada a la seguridad con el objetivo de ser un marco de trabajo para implementar en soluciones de sistemas agrícolas orientadas al IoT. Con este proyecto se pretende brindar una metodología que sirva como marco de trabajo en la implementación de sistemas IoT orientados a la agricultura de precisión mediante el análisis comparativo de metodologías implementadas en base al internet de las cosas, buenas prácticas de la investigación científica y el uso de la metodología ISO 9001:2015 para garantizar la calidad del sistema.

1.3 Justificación del requerimiento a satisfacer

IoT ha inspirado a múltiples formas de aplicación en diferentes dominios. En la agricultura de precisión, donde el implemento de la tecnología ofrece mejoras importantes en términos de eficiencia y escalabilidad [5]. En la actualidad, ante un mundo interconectado, es ideal tener mecanismos y metodologías que permitan un proceso de medición y correlación con ayuda de métodos y patrones que sirvan como marco de trabajo [1] para una implementación óptima de IoT en los sistemas agrícolas .

IoT puede ser aplicado en el riego inteligente, supervisión del ganado, agricultura de precisión con redes de sensores, supervisión de cultivos y calidad del suelo, almacenamiento, logística y mejora de la calidad en los productos [6]. Actualmente no existe una metodología estándar que permita identificar las necesidades y plantear sus posibles soluciones mediante métodos y herramientas para ser implementados en sistemas IoT de la agricultura de precisión [5], [11]. Por tal motivo, se plantea una metodología que tenga como complemento la norma ISO 9001 y que sirva como marco de referencia y guía en la implementación de sistemas IoT de la agricultura de precisión.

2 CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

2.1 Definición del prototipo tecnológico

En el presente proyecto tecnológico se define la metodología AGRO_IoT, para la implementación del internet de las cosas (IoT), basada en pautas y métodos procedentes a una investigación bibliográfica exhaustiva; se analizó el problema a resolver, las metodologías ACOSO_Meth, INTER-METH y MicroIoT Methodology, los puntos fuertes y débiles de las metodologías antes mencionadas para así, determinar una nueva metodología alternativa que establezca buenas pautas para la implementación IoT.



Figura 1: Metodología AGRO IOT

Fuente: Elaboración a partir de [17]–[19]

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede observar que la metodología propuesta consta de cuatro fases, detalladas a continuación:

- Definición y análisis: En esta fase se tiene como objetivo proporcionar una visión del problema, plantear los requisitos y objetivos a cumplirse, y, definir una propuesta para la solución a problemas. En esta fase se detallan los recursos y herramientas a utilizar en todo el proceso de implementación del sistema IoT.
- Diseño de prototipo: En esta fase se diseña la solución, arquitectura del sistema y entrega un enfoque funcional mediante diagramas y patrones que sirvan para la implementación de la solución.
- Implementación: en esta fase se realiza la implementación de los sistemas de posicionamiento global para el monitoreo de rendimiento y mapeo. En esta fase se consideran las etapas del ciclo de la agricultura de precisión.

- **Despliegue y calidad:** Esta última fase, el sistema implementado se lo coloca a producción y se realiza el proceso de monitoreo y control de los procesos. En esta fase, se puede retornar a la fase de definición y análisis gracias a que, se puede identificar los riesgos y vulnerabilidades del sistema actual.

2.2 Fundamentación teórica del prototipo

2.2.1 Internet of Things (IoT)

El Internet de las cosas es el futuro del internet, donde todas las cosas físicas están interconectadas a través de una red para el intercambio de la información y la conexión cooperativa de los dispositivos [20]. Se entiende por “cosas” a simples dispositivos de identificación de radiofrecuencia, hasta sensores inalámbricos inteligentes, cosas robóticas o vehículos autónomos, ya sea de entorno industriales, comerciales o de consumo [21].

IoT se está volviendo muy popular día a día y sus avances son propios de su capacidad de vincularse a todo [22]. Ha inspirado a múltiples formas de aplicación en diferentes dominios, por ejemplo, en la agricultura, donde el implemento de la tecnología ofrece mejoras importantes en términos de eficiencia y escalabilidad [14]; en la medicina, para el seguimiento remoto de pacientes con enfermedades crónicas y se proporcione datos oportunos para salvar vidas [23], en las ciudades inteligentes, a través de la minería de datos y el clustering, para el manejo eficiente de la energía y movilidad [24].

En definitiva, IoT se desarrolla para facilitar las conexiones y el intercambio de datos entre personas, dispositivos y sistemas [25], emergiendo como un sistema ubicuo y denso de dispositivos que interoperan para ofrecer servicios ciber físicos innovadores [26].

Está recibiendo mucha atención en las áreas académicas y la industria, sin embargo siendo una tecnología de rápido crecimiento, tiene riesgos de privacidad y vulnerabilidades en temas de seguridad [27], que deben ser tratados y no olvidados, mediante la aplicación de protocolos seguros como el blockchain (cadena de bloques), para la autenticación de los usuarios y el intercambio más seguro de la información [28].

2.2.2 Desafíos de IoT

Entre los desafíos del internet de las cosas tenemos:

- Escalabilidad: La escalabilidad es una de las características más valiosas y predominantes de la informática de borde de red. El marco de gestión de recursos de IoT se basa en un sistema federado, basado en el dominio. En tiempo de ejecución asignado dinámicamente contenedores, recursos puestos a disposición por el borde basado en IoT, se pueden utilizar dispositivos inteligentes o automóviles inteligentes más eficientemente.[29]
- Privacidad: La privacidad de IoT sigue siendo un factor importante, obstáculo principalmente debido al gran tamaño y la existencia distribuida de las redes IoT. Además, numerosos problemas de seguridad, autenticación y mantenimiento de los sistemas IoT han sido superados por la existencia descentralizada de blockchain.[30]
- Seguridad: Los desafíos de privacidad son importantes de abordar en comparación con los desafíos de seguridad en el IoT. Las tecnologías de redes heterogéneas y dispositivos de IoT con recursos limitados que solo pueden ofrecer soluciones ligeras de seguridad y privacidad han demostrado ser eslabones débiles para los sistemas IoT.[31]

2.2.3 Aplicaciones IoT

IoT tiene un gran potencial de impacto social, ambiental y económico hacia su adaptación. Movilidad, red inteligente, casas/edificios inteligentes, seguridad pública y monitoreo ambiental, medicina y salud, procesamiento industrial, agricultura, la cría y la vida independiente son algunos de los conceptos basados en IoT.[32]

Varias tecnologías han adoptado dispositivos IoT para la automatización y monitoreo remoto, como en agricultura [33], dispositivos domésticos [34], monitoreo de salud, gestión de energía, vehículos inteligentes, monitoreo ambiental, línea de montaje y seguimiento de la producción y cadena de suministros de alimentos [35], [36].

El IoT es impulsado por una combinación de métodos y procesos que comprenden la utilización de sensores, una red y un dispositivo final, los cuales tienen como objetivo principal proporcionar al usuario final una representación de los datos de una manera visual, legible y práctica [37].

El IoT incorpora cuatro pilares para lograr que su mecanismo funcione de una manera adecuada entre las cuales se interactúa; personas, procesos datos y objetos, las cuales permiten tomar mejores decisiones y crear nuevas oportunidades para el beneficio económico.

2.2.4 ¿Qué es una metodología?

Una metodología es una colección de pautas, prácticas y métodos que permiten abordar un determinado problema, donde se definen actividades y procedimientos que especifican “qué pasos tomar”, “como” y “cuando”, además de aclarar el “porqué qué” se deben tomar esos pasos, y con el orden específico. Se resalta que las metodologías abarcan desde soluciones cualitativas a cuantitativas, típicamente multidisciplinares y provistas de amplia documentación [38].

2.2.5 Metodologías existentes para IOT

Existen diferentes metodologías para IOT, así como marcos, plataformas y herramientas, que han desarrollado a lo largo de los años, propuestas por la industria y la academia, pero la abundancia de estas, han dado más como resultados ser como una barrera de entrada para la ingeniería de sistemas IoT [39]. En base al estudio realizado [40], a continuación, se presenta una tabla de resumen con 3 metodologías IoT más utilizadas en implementaciones IoT aplicadas a la agricultura de precisión, que serán detalladas a continuación.

2.2.5.1 ACOSO_Meth (*Agent-based COoperating Smart Objects Methodology*)

La metodología ACOSO_Meth está dirigida para los objetos inteligentes que proveen servicios ciber-físicos y plantea su apoyo para IoT con el objetivo de mejorar la mantenibilidad, reusabilidad y extensibilidad, enfocándose en los procesos de análisis, diseño e implementación. En su primera fase, se identifican las principales entidades del ecosistema IoT y se abstraen las características básicas e interacción de alto nivel (localización, huella, dispositivo, servicio, estado de trabajo, propiedades físicas y usuario). En la fase de diseño, se realiza el modelado de los componentes funcionales y sus relaciones e interacciones específicas. Por último, en la implementación, se integra el ecosistema IoT diseñado por medio de paradigmas de programación específicos, adoptando las especificaciones y herramientas de desarrollo [41].

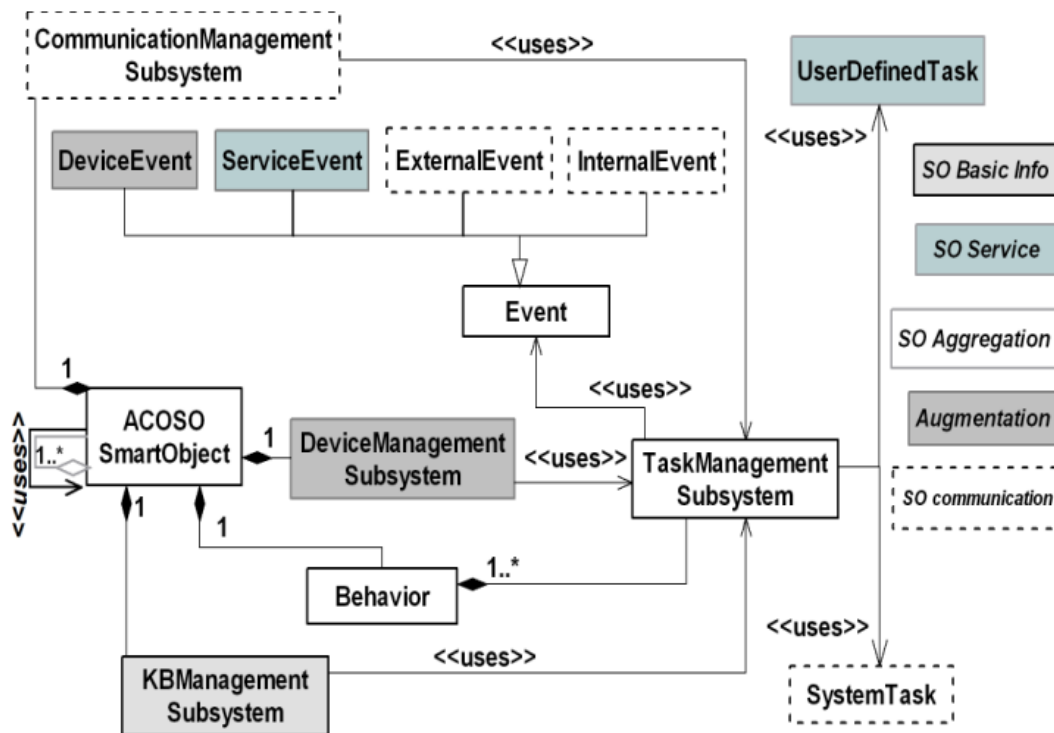


Figura 2: Metodología Design Phase: ACOSO-based SO Metamodel

Fuente: Obtenido de [17]

2.2.5.2 INTER-METH

La metodología INTER_METH se enfoca en la integración de plataformas IoT heterogéneas, desde su fase de análisis a su fase de mantenimiento; en donde se describe un esquema de proceso abstracto e instanciado, con especial énfasis en la fase de análisis y diseño que son fundamentales para todo el proceso de integración, más precisamente, a los patrones de diseño de interoperabilidad [18].

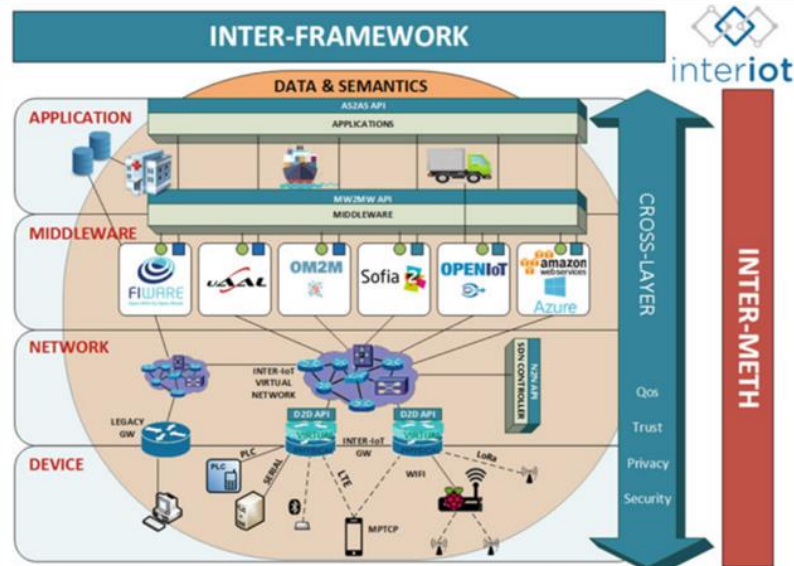
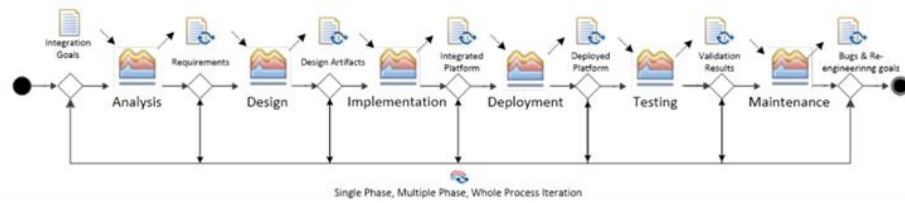


Figura 3: Metodología INTER-METH

Fuente: Obtenido de [18]

2.2.5.3 *MicroIoT Methodology*

Es una metodología que se organiza en 7 etapas: análisis de requerimientos, diseño de entrega basada en el dominio, solución de la arquitectura, validación, desarrollo y testeo, despliegue y operaciones.

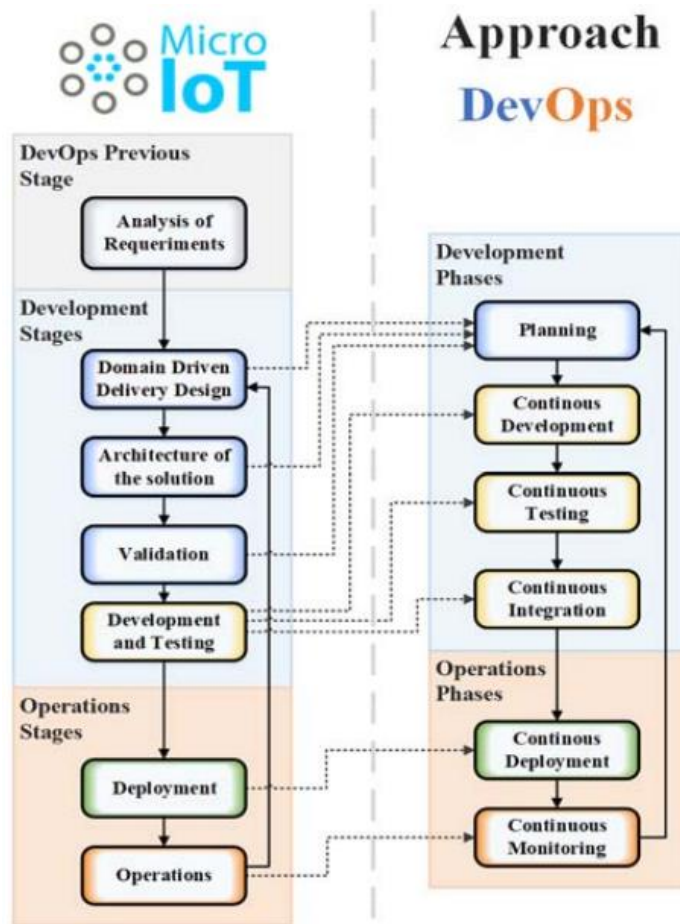


Figura 4: Stages of the MicroIoT methodology

Fuente: Obtenido de [42]

Basándose en un desarrollo ágil, se considera un ciclo de vida iterativo que permite definir las entregas en pequeño tiempo para reducir el tiempo de producción. En su primera etapa se identifican los requerimientos sin descuidar las especificaciones de implementación y las partes interesadas. La segunda etapa, de diseño, es para permitir una arquitectura de microservicios con disponibilidad, escalabilidad y rendimiento; donde se definen las entidades, los atributos, las funcionalidades y cómo modelar la base de datos de los microservicios. La solución de la arquitectura, como tercera etapa, se realiza para obtener escalabilidad y un sistema mantenible en el tiempo. La etapa de validación es para presentar a los interesados las metas alcanzadas para que sean aprobadas, antes de proceder a la codificación. Las fases de desarrollo y testeo, junto al despliegue, son para meter en entorno de producción; la última etapa es para el monitoreo continuo de la infraestructura IoT donde identificar posibles errores y solucionarlos, con retroalimentación incluida de las partes interesadas [42].

2.2.6 Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es la combinación de la agricultura contemporánea y prácticas agrícolas para mejorar el rendimiento de la producción, la calidad del resultado y hacer un uso óptimo de los recursos agrícolas [43].

La agricultura moderna reemplazó las técnicas tradicionales de agricultura. Hay ambiente controlado, fertilizante calculado, riego controlado y pesticidas para un rendimiento óptimo. Este nuevo sistema agrícola se denomina agricultura de precisión. Dado que promete utilizar recursos mínimos, es una práctica agrícola más sostenible. En última instancia se centra sobre las iniciativas para maximizar la producción de cultivos terrenos a bajo costo y menor daño al medio ambiente [44].

Se puede decir que la agricultura de precisión se basa en el correcto uso de los recursos agrícolas de una manera inteligente, donde se aplica información, la tecnología y la gestión de la productividad agrícola.

2.2.6.1 Ciclo de la agricultura de precisión

Según [45], en la agricultura, IoT se utiliza para una amplia gama de actividades y aplicaciones. El ciclo de la agricultura de precisión no es estándar, según diferentes autores, tenemos las siguientes fases:

- Recolección de datos: En base a sensores o dispositivos interconectados.
- Análisis e Interpretación: se procesa y analiza los datos obtenidos convirtiéndose en conocimiento.
- Aplicación: En base al conocimiento obtenido en el análisis de los datos se aplica en diversos ámbitos como en la siembra, fertilización u otros.

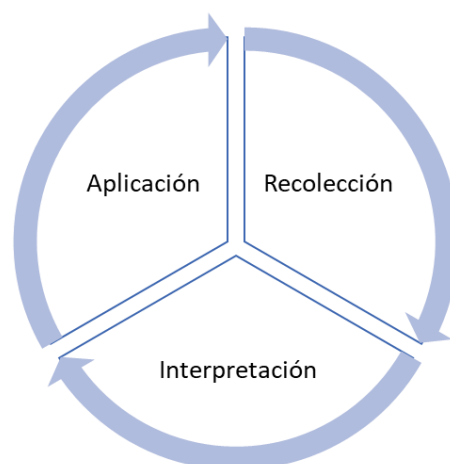


Figura 5: Ciclo de vida de la agricultura de precisión

2.2.6.2 Barreras y beneficios

Dos aspectos se relacionan más con las barreras de la agricultura de precisión que con los costos y desconocimiento [46].

Varios desafíos interrelacionados actúan como barreras para la adopción de AP, pero también representan oportunidades para el desarrollo de aplicaciones de AP para abordar las necesidades de los agricultores. Desafíos también vinculados a factores económicos, sociodemográficos, políticos, infraestructurales y factores ambientales.[47]

Según [47], las tecnologías de AP están diseñadas para brindar tres beneficios fundamentales a los agricultores y sociedad:

1. Beneficios económicos a través de reducciones en el gasto agrícola a través de la aplicación de insumos agrícolas
2. Mayores niveles de producción debido a manejo específico de la variabilidad en el campo
3. Beneficios ambientales a través de la aplicación de precisa de aplicaciones agroquímicas que también aumentarían el cumplimiento de legislación ambiental nacional/global. beneficios de la agricultura de precisión

2.2.7 Barreras y beneficios de IoT en la agricultura de precisión

Es claro que la AP no está al alcance de todos los agricultores, quizás para el pequeño y mediano productor esta modalidad de agricultura parece distante, obviamente limitada por las condiciones económicas que acarrea la compra de equipos [9].

Existen actualmente condiciones que favorecen la implementación de la agricultura de precisión. En primer lugar, tenemos al productor que simultáneamente es empresario, que ha entendido que es necesario reducir los tiempos para visitar cultivos ya sea por eficiencia o por escasez de este [9].

Así como existen beneficios, también se presentan las barreras sobre la inversión al inicio de la adquisición de esta tecnología suele ser alta; por lo que esto ocasiona que haya una escasa utilización de herramientas tecnológicas por parte de los agricultores, lo que ocasiona el desconocimiento por parte de los agricultores de los diferentes beneficios que brinda la agricultura de precisión [48].

2.2.8 Herramientas IoT aplicados a la agricultura de precisión

La implementación y desarrollo de tecnologías IoT en el sector agricultor define de manera más frecuente tres capas: capa de percepción (captura), capa de red (transporte) y la capa de aplicación [49] [37] [50].

Según [51] las herramientas de la AP se pueden clasificar en categorías

1. Sistema de posicionamiento global (GPS)
2. Monitoreo de rendimiento y mapeo
3. Muestreo intensivo de suelos
4. Percepción remota
5. Dispositivos electrónicos
6. Redes de comunicación
7. Sistema de información geográfica (GIS)
8. Dosis de fertilizante y densidad de siembra variable
9. Banderillero satelital
10. Software

2.2.9 Norma ISO 9001

La norma NTC ISO 9001: 2015 es la quinta y más actualizada versión referente a la norma ISO 9001 en la cual se especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad cuando una organización [52], [53]:

- a) necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables
- b) aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables

Esta Norma Internacional se basa en los principios de la gestión de la calidad descritos en la Norma ISO 9000. Las descripciones incluyen una declaración de cada principio, una base racional de por qué el principio es importante para la organización, algunos ejemplos de los beneficios asociados con el principio y ejemplos de acciones típicas para mejorar el desempeño de la organización cuando se aplique el principio. Los principios de la gestión de la calidad son:

- enfoque al cliente
- liderazgo
- compromiso de las personas
- enfoque a procesos
- mejora
- toma de decisiones basada en la evidencia
- gestión de las relaciones

2.3 Objetivos del prototipo

2.3.1 Objetivo general

- Diseñar una metodología para el desarrollo de sistemas IoT aplicados a la agricultura de precisión mediante el análisis comparativo de metodologías, empleo de la ISO 9001 y revisión bibliográfica.

2.3.2 Objetivos específicos

- Fundamentar científicamente los aspectos relacionados con el desarrollo de una metodología para la implementación de IoT.
- Analizar metodologías para el desarrollo de aplicaciones IoT
- Evaluar la metodología desarrollada mediante técnicas de investigación.

2.4 Diseño del prototipo

2.4.1 Comparación de fases implementadas en las metodologías IoT

A continuación, en la Tabla 1, se detalla las metodologías ACOSO_Meth, INTER_Meth y MICRO_IoT y sus fases:

Tabla 1: Metodologías IoT

METODOLOGÍA	Propósito	Origen	Licencia	Fases
ACOSO_Meth	General	Academia	Libre	<p>Análisis: Tiene como objetivo proporcionar una visión inclusiva del SO que cumpla con los estándares arquitectónicos de IoT.</p> <p>Diseño: Se enfoca en que los datos del SO sean funcionales.</p> <p>Implementación: Se analizan los paradigmas de programación y tecnología elegida para realizar las funcionalidades del SO [54]</p>
INTER-METH	Específica	Proyecto	Libre	<p>Análisis: Formaliza los requisitos de integración.</p> <p>Diseño: Produce el diseño de la integración en términos de diagramas y patrones de gestión.</p>

				<p>Implementación: Diseño para obtener el sistema</p> <p>Despliegue: Involucra el sistema operativo y la configuración en IoT</p> <p>Pruebas: Realiza pruebas para validar la plataforma integrada</p> <p>Mantenimiento: Gestiona la actuación y evolución del sistema [55]</p>
MicroIoT Methodology	General	Academia	Libre	<p>Análisis: Se encuentra la licitación y priorización de requerimientos.</p> <p>Diseño: Eficaz y eficiente permite la correcta aplicación de los microservicios.</p> <p>Solución: Arquitectura de IoT basada en microservicios</p> <p>Validación: El diseño del sistema se presenta a las partes interesadas</p> <p>Desarrollo: Se enfoca en el desarrollo continuo, pruebas continuas e integración continua</p> <p>Despliegue: Las funcionalidades entran en producción</p> <p>Operaciones: Monitoreo continuo y retroalimentación de las partes interesadas [55]</p>

Fuente: Elaboración a partir de [54], [55]

Según el análisis de las metodologías se identifica que, la mayoría de ellas cubren principalmente el análisis y el diseño de los procesos y muy poco abordan una fase en la que abordan la calidad del sistema.

En esta sección se realiza una comparación de las distintas fases que conforman las metodologías IoT:

Tabla 2: Comparación de las fases de las metodologías IoT

Fases de las metodologías IoT

Metodología	Análisis	Diseño	Solución	Validación	Implementación	Despliegue	Pruebas	Mantenimiento	Operaciones
1	X	X			X				
2		X			X	X	X	X	
3	X	X	X	X	X	X			X

Como resultado a esta comparación, tenemos las fases más usadas en las metodologías evaluadas, siendo:

- Análisis
- Diseño
- Implementación
- Despliegue

2.4.2 Comparación de la aplicación de la norma ISO 9001 en las metodologías:

En este apartado se realiza la comparación de metodologías IoT en base a los parámetros de la norma ISO 9001:2015.

Las metodologías a comparar son:

- Metodología 1: ACOSO_Meth
- Metodología 2: INTER-METH
- Metodología 3: MicroIoT Methodology

Tabla 3: Comparación entre metodologías elegidas mediante norma ISO 9001:2015

CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN			
REQUISITO	Metodología 1	Metodología 2	Metodología 3
COMPRESIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y SU CONTEXTO	x	x	x
COMPRESIÓN DE LAS NECESIDADES Y EXPECTATIVAS DE PARTES INTERESADAS	x	x	x
DETERMINACIÓN DEL ALCANCE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	x	x	x
LIDERAZGO			
REQUISITO	Metodología 1	Metodología 2	Metodología 3
LIDERAZGO Y COMPROMISO	x		
ESTABLECIMIENTO DE LA POLÍTICA DE LA CALIDAD			
COMUNICACIÓN DE LA POLÍTICA DE LA CALIDAD			
ROLES, RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES EN LA ORGANIZACIÓN	x	x	x
PLANIFICACIÓN			
REQUISITO	Metodología 1	Metodología 2	Metodología 3
ACCIONES PARA ABORDAR RIESGOS Y OPORTUNIDADES			
OBJETIVOS DE LA CALIDAD Y PLANEACIÓN PARA LOGRARLOS			
PLANEACIÓN DE CAMBIOS	x	x	x
SOPORTE			

REQUISITO	Metodología 1	Metodología 2	Metodología 3
RECURSOS	x	x	x
INFRAESTRUCTURA	x		x
AMBIENTE PARA LA OPERACIÓN DE LOS PROCESOS	x	x	x
RECURSOS DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN	x		
CONOCIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN	x		
INFORMACIÓN DOCUMENTADA			

OPERACIÓN

REQUISITO	Metodología 1	Metodología 2	Metodología 3
PLANIFICACIÓN Y CONTROL OPERACIONAL	x	x	x
REQUISITOS PARA LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS	x	x	
COMUNICACIÓN CON EL CLIENTE	x	x	
DETERMINACIÓN DE LOS REQUISITOS PARA LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS	x	x	
REVISIÓN DE LOS REQUISITOS PARA LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS	x	x	
CAMBIOS EN LOS REQUISITOS PARA PRODUCTOS Y SERVICIOS	x	x	
DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS		x	
GENERALIDADES		x	
PLANEACIÓN DEL DISEÑO Y DESARROLLO	x	x	
ENTRADAS PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO			
CONTROLES DEL DISEÑO Y DESARROLLO			
SALIDAS DEL DISEÑO Y DESARROLLO			
CAMBIOS EN EL DISEÑO Y DESARROLLO	x		
CONTROL DE LOS PROCESOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS SUMINISTRADOS EXTERNAMENTE	x	x	
TIPO Y ALCANCE DEL CONTROL			x
INFORMACIÓN PARA PROVEEDORES EXTERNOS			
PRODUCCIÓN Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO			
CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO		x	x
IDENTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD			
PROPIEDAD PERTENECIENTE A LOS CLIENTES O PROVEEDORES EXTERNOS			
PRESERVACIÓN			
ACTIVIDADES POSTERIORES A LA ENTREGA			
CONTROL DE LOS CAMBIOS	x		x
LIBERACIÓN DE PRODUCTOS Y SERVICIOS			
CONTROL DE SALIDAS NO CONFORMES			

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

REQUISITO	Metodología 1	Metodología 2	Metodología 3
SEGUIMIENTO, MEDICIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN	x	x	x

SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	x		
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN	x	x	
AUDITORÍA INTERNA			x
REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN	x		
ENTRADAS PARA LA REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN			
SALIDAS DE LA REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN			
MEJORA			
REQUISITO	Metodología 1	Metodología 2	Metodología 3
NO CONFORMIDAD Y ACCIÓN CORRECTIVA	x	x	x
MEJORA CONTINUA	x	x	

Como resultado a esta comparación, tenemos que, las metodologías estudiadas no cumplen con los parámetros de la norma ISO 9001:2015 y por ello, nace la necesidad de proponer una metodología que garantice el cumplimiento de los parámetros de la norma ISO 9001:2015 orientado a la calidad de los sistemas.

2.4.3 Prototipo propuesto

Las metodologías ACOSO_Meth, INTER-METH y MicroIoT Methodology sirvió como marco de trabajo, las cuales permiten el desarrollo de modelos y técnicas de implementaciones de sistemas IoT independiente de su aplicación. Este trabajo propone una metodología de 4 fases, en base a una comparación entre las tres metodologías antes mencionadas.



Figura 6: Metodología propuesta AGRO_IOT

Fuente: Elaboración a partir de [17]–[19]

2.5 Ejecución y/o ensamblaje del prototipo

Basándose en un desarrollo ágil y norma ISO 9001:2015 [53], se considera la aplicación de fases cortas en un ciclo de vida iterativo que permita definir las entregas en un lapso de período corto para reducir el tiempo de producción, con las fases detalladas a continuación.

2.5.1 Fase I: Definición y análisis:

En esta fase se tiene como objetivo proporcionar una visión del problema, plantear los requisitos y objetivos a cumplirse, y, definir una propuesta para la solución a problemas. Aquí se detallan los recursos y herramientas a utilizar en todo el proceso de implementación del sistema IoT. En base a [50], al final de esta fase se tendrá la siguiente información detallada:

- Comprensión de la organización y su contexto
- Comprensión de las necesidades y expectativas de partes interesadas
- Determinación del alcance del sistema de gestión de calidad
- Liderazgo y compromiso
- Establecimiento de la política de la calidad
- Comunicación de la política de la calidad
- Roles, responsabilidades y autoridades en la organización
- Acciones para abordar riesgos y oportunidades
- Objetivos de la calidad y planeación para lograrlos
- Planeación de cambios
- Recursos
- Infraestructura
- Ambiente para la operación de los procesos
- Recursos de seguimiento y medición
- Conocimiento de la organización
- Información documentada

2.5.2 Fase II: Diseño de prototipo

En esta fase se diseña la solución, arquitectura del sistema y entrega un enfoque funcional mediante diagramas y patrones que sirvan para la implementación de la

solución. Permite representar la idea y establecer una arquitectura del sistema IoT a base de redes de sensores, herramientas, insumos, tecnologías y objetos.

A continuación, según [53], se detallan los aspectos a considerar en esta fase:

- Planificación y control operacional
- Requisitos para los productos y servicios
- Comunicación con el cliente
- Planeación del diseño y desarrollo
- Entradas para el diseño y desarrollo
- Controles del diseño y desarrollo
- Salidas del diseño y desarrollo
- Cambios en el diseño y desarrollo

2.5.3 Fase III: Implementación

En esta fase se realiza la implementación de la infraestructura del sistema de agricultura de precisión aplicando IoT con el uso de redes de sensores, dispositivos IoT y el diseño planificado a implementarse. Para la implementación del sistema de la agricultura de precisión se considera el ciclo de vida que cumplen estos sistemas con el objetivo de cumplir desde la recolección de los datos hasta su aplicación para la toma de decisiones.

2.5.4 Fase IV: Despliegue y calidad

En esta última fase, el sistema implementado se lo coloca a producción y se realiza el proceso de monitoreo y control de los procesos. En esta fase, se puede retornar a la fase de definición y análisis gracias a que, identifica los riesgos y vulnerabilidades del sistema actual.

Se evalúa el sistema implementado mediante los parámetros de la norma ISO 9001:2015 [53], asegurando la integridad, calidad, disponibilidad y seguridad del sistema.

En esta fase se realizan las siguientes actividades:

- Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente
- Definición de Tipo y alcance del control del sistema implementado
- Información a proveedores externos

- Control en la producción y prestación del servicio
- Identificación y trazabilidad
- Garantiza la preservación del sistema
- Garantiza la Satisfacción del cliente
- Una vez implementado el sistema, se realiza auditoría interna
- En caso de No conformidad se toman las acciones correctivas debidas
- El sistema implementado se basa en la Mejora Continua.
- Actividades posteriores a la entrega
 - Control de los cambios
 - Liberación de productos y servicios
 - Control de salidas no conformes
 - Seguimiento, medición, análisis y evaluación

3 CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1 Plan de evaluación

La evaluación fue realizada en base de encuestas a profesionales en el área de informática de la provincia de El Oro.

Esta encuesta consta de 9 preguntas, de la cual, la pregunta 9 evalúa parámetros de la norma ISO 9001, en las que, las respuestas serían clave para conocer la factibilidad de la metodología propuesta, esta se detalla en el **Anexo I**.

3.2 Resultados de la evaluación

La encuesta se aplicó a 10 profesionales del área de Ingeniería en sistemas inmersos en el ambiente laboral, a continuación, se detalla los resultados de las preguntas.

1. Seleccione el rango de su edad:

Se encuesta a profesionales con un promedio de 25 a 30 años. Como se observa en la Tabla 4 Resultados de rango de edad y Figura 7: Edad de encuestados

Tabla 4 Resultados de rango de edad

OPCIONES	# RESPUESTA
18-24 AÑOS	0
25-30 AÑOS	5
31-40 AÑOS	4
MAYOR DE 40 AÑOS	1

:

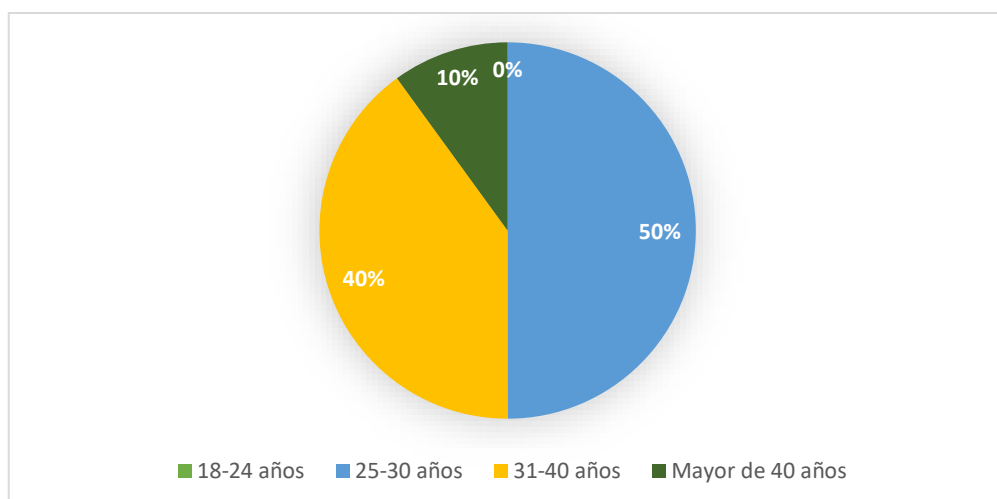


Figura 7: Edad de encuestados

2. Experiencia profesional

Como resultado tenemos que, de los profesionales encuestados 10 cuentan con experiencia profesional en Internet de las cosas, 4 en big data, 5 en minería de datos, 5 en desarrollo de sistemas, 7 en desarrollo de software y 1 se encuentran inmersos en otros campos laborales:

Tabla 5 Resultados de experiencia profesional

Opciones	# Respuestas
<i>Internet de las Cosas</i>	10
<i>Big Data</i>	4
<i>Minería de Datos</i>	5
<i>Desarrollo de sistemas</i>	5
<i>Desarrollo de software</i>	7
<i>Otros</i>	1

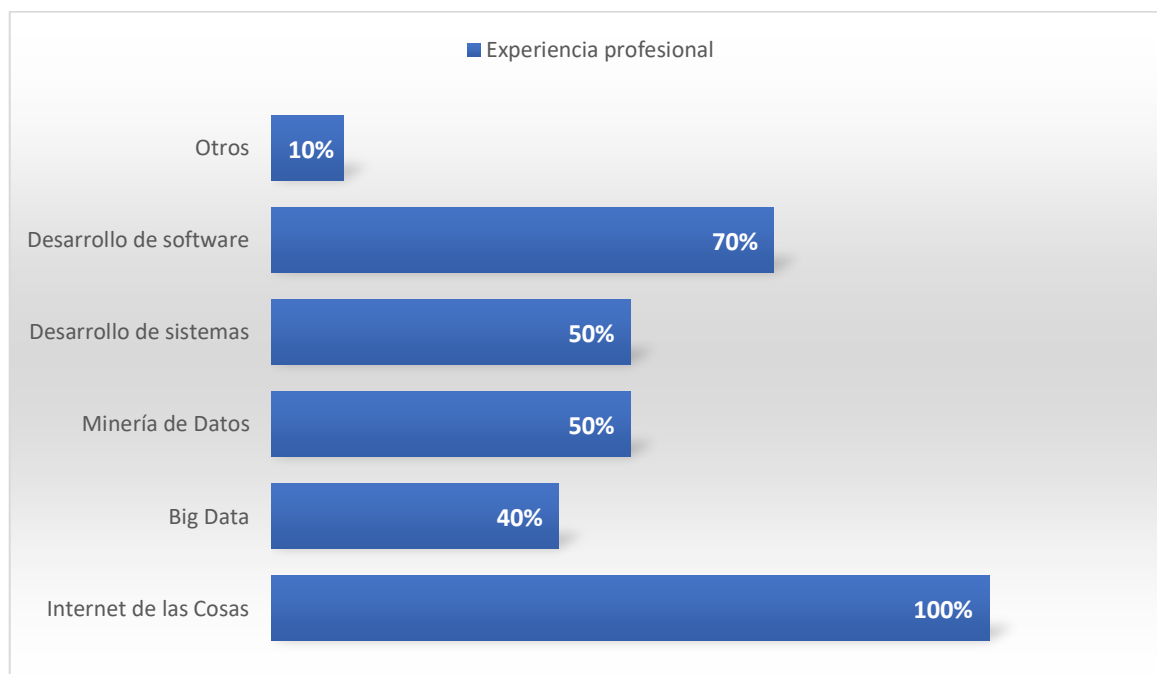


Figura 8: Gráfico de la experiencia profesional

3. ¿Conoce usted acerca del término IoT?

Como resultado tenemos que, el 100% de los profesionales encuestados conocen acerca del Internet de las cosas:

Tabla 6 Conocimiento del término IoT

<i>Opciones</i>	<i># Respuestas</i>
<i>Si</i>	10
<i>No</i>	0

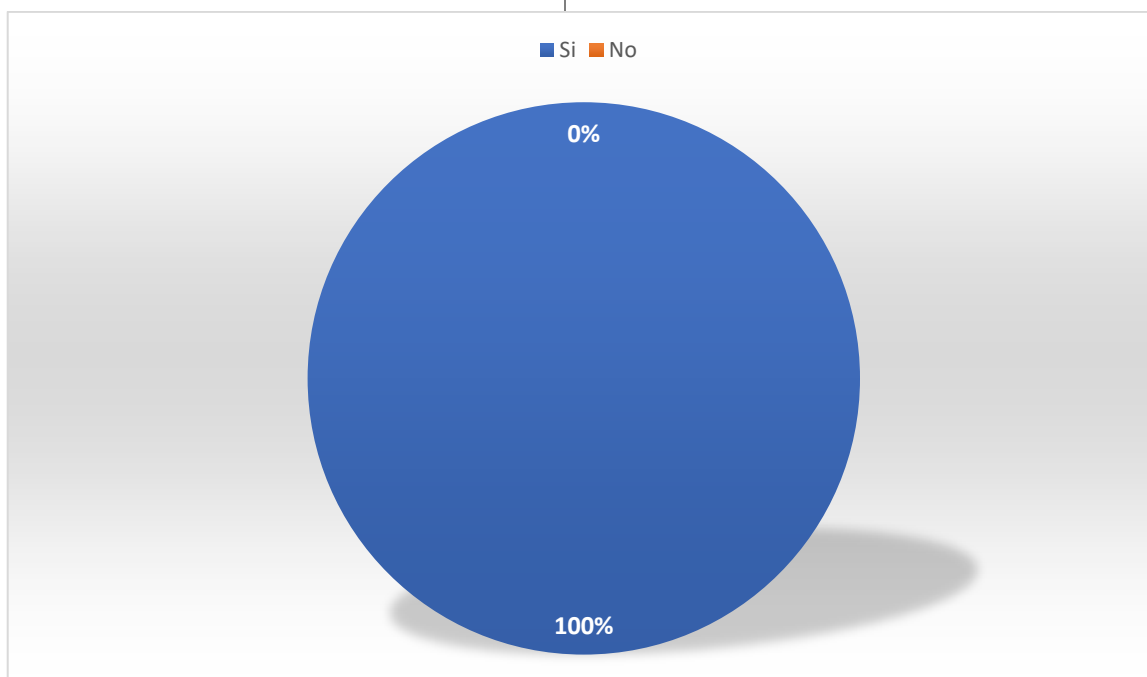


Figura 9: Conocimiento del término IoT

4. ¿Ha aplicado el término IoT en casos reales de su vida profesional?

Como resultado tenemos que, el 100% de los profesionales encuestados han aplicado Internet de las cosas en su vida profesional:

Tabla 7 Aplicación IoT

<i>Opciones</i>	<i># Respuestas</i>
<i>Si</i>	10
<i>No</i>	0

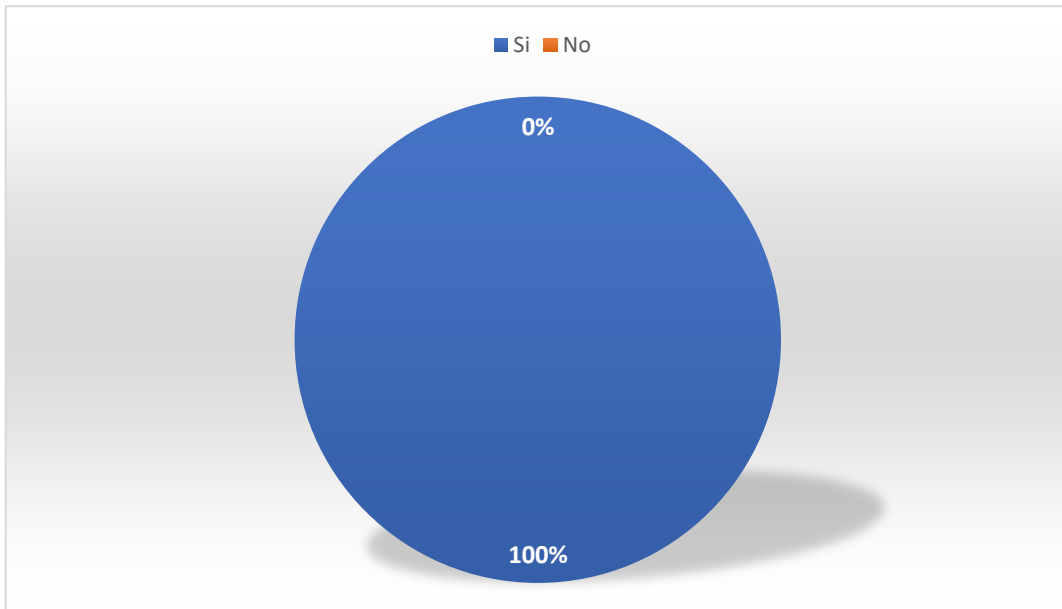


Figura 10: Aplicación IoT

5. En qué ámbito ha aplicado internet de las cosas

Como resultado tenemos que, el 40% han aplicado IoT en el sector educativo, y, en el sector acuícola y sector agrícola el 30% de los encuestados:

Tabla 8 Aplicación IoT

Opciones	# Respuestas
<i>Industria</i>	0
<i>Sector acuícola</i>	3
<i>Sector textil</i>	0
<i>Sector educativo</i>	4
<i>Sector agrícola</i>	3

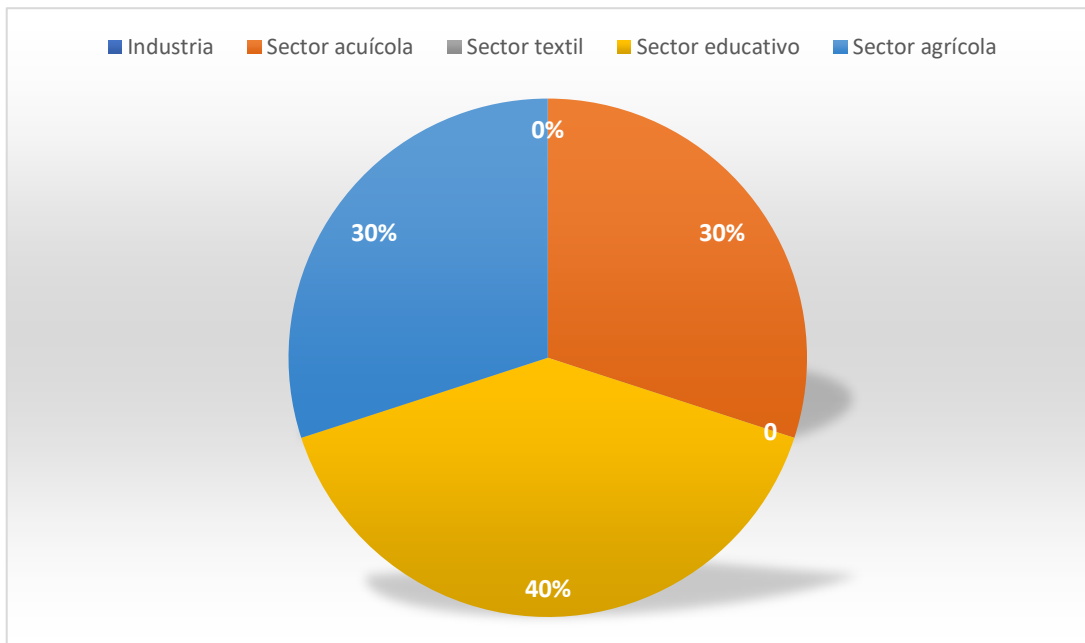


Figura 11: Aplicación IoT

6. A su criterio, seleccione los 3 beneficios de más importantes de la aplicación IoT

Como resultado tenemos que, entre los beneficios más relevantes se encuentran en un porcentaje entre el 50% al 90%. Entre estos se encuentran, la Mejora de productividad y eficiencia, Intercambio de información de forma rápida y en tiempo real, Mejora de productividad y eficiencia, y, Conocimiento y mejor servicio al cliente:

Tabla 9 Beneficios de la aplicación IoT

Opciones	# Respuestas
<i>Mejora de productividad y eficiencia</i>	9
<i>Conocimiento y mejor servicio al cliente</i>	5
<i>Oportunidades de negocio</i>	5
<i>Toma de decisiones</i>	1
<i>Reducción de costes</i>	3
<i>Intercambio de información de forma rápida y en tiempo real</i>	7

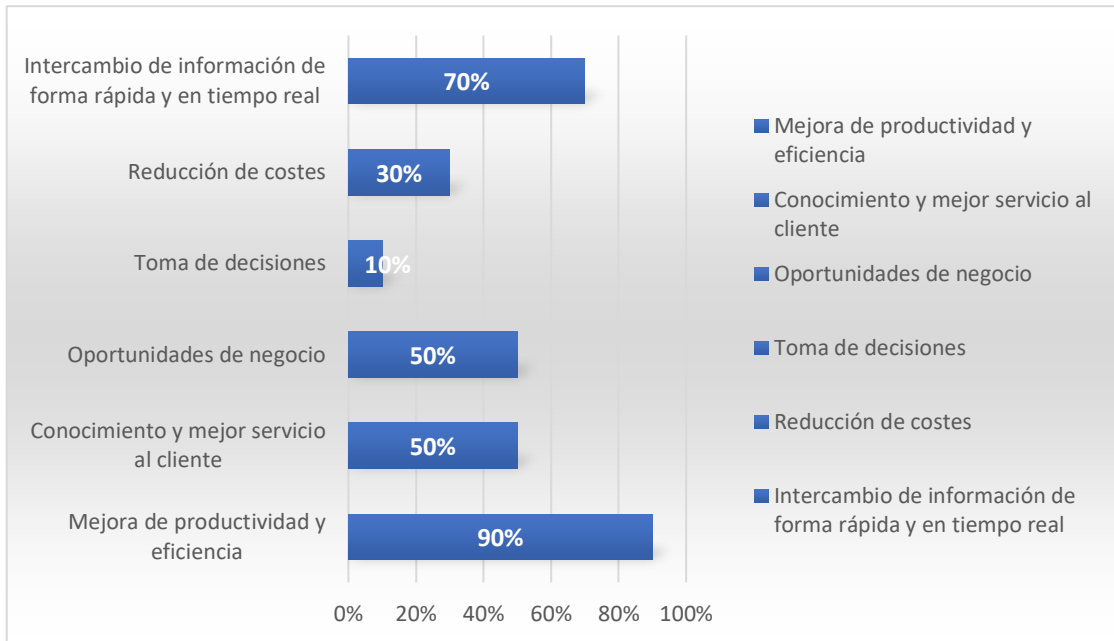


Figura 12: Beneficios de la aplicación IoT

7. A su criterio, seleccione los 3 retos más importantes de la aplicación IoT

Como resultado tenemos que, entre los retos más relevantes se encuentran en un porcentaje entre el 60% al 90%. Entre estos se encuentran, la privacidad, costos de implementación y compatibilidad:

Tabla 10 Retos de la aplicación IoT

Opciones	# Resultados
Seguridad	5
Costo de implementación	6
Privacidad	9
Conectividad	4
Compatibilidad	6

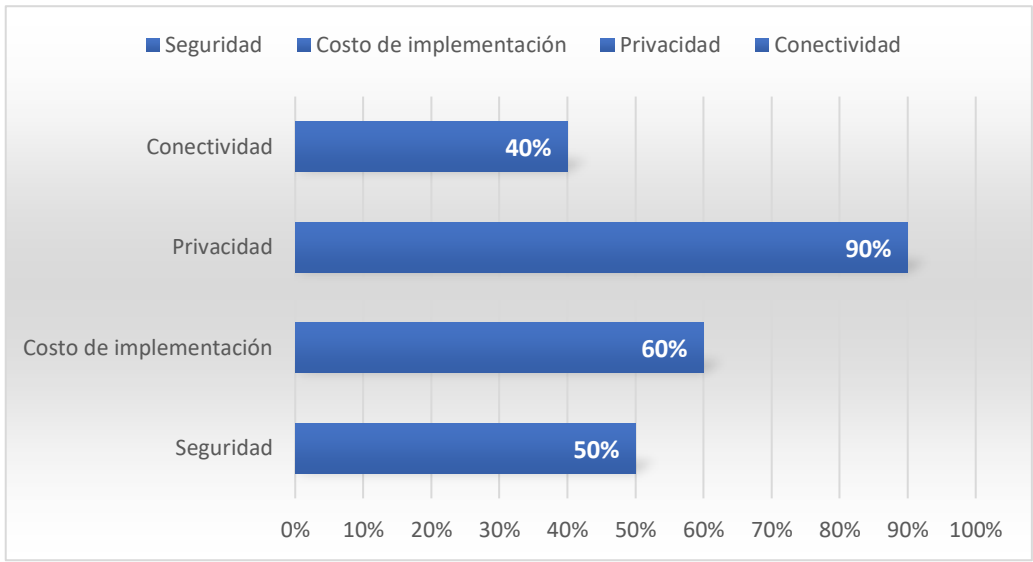


Figura 13: Retos de la aplicación IoT

8. Usted conoce acerca de las aplicaciones IoT en sistemas agrícolas:

Como resultado tenemos que, el 100% de los encuestados conocen acerca de la aplicación IoT en sistemas agrícolas:

Tabla 11 Conocimiento de aplicaciones IoT en sistemas agrícolas

Opciones	# Resultados
Si	10
No	0

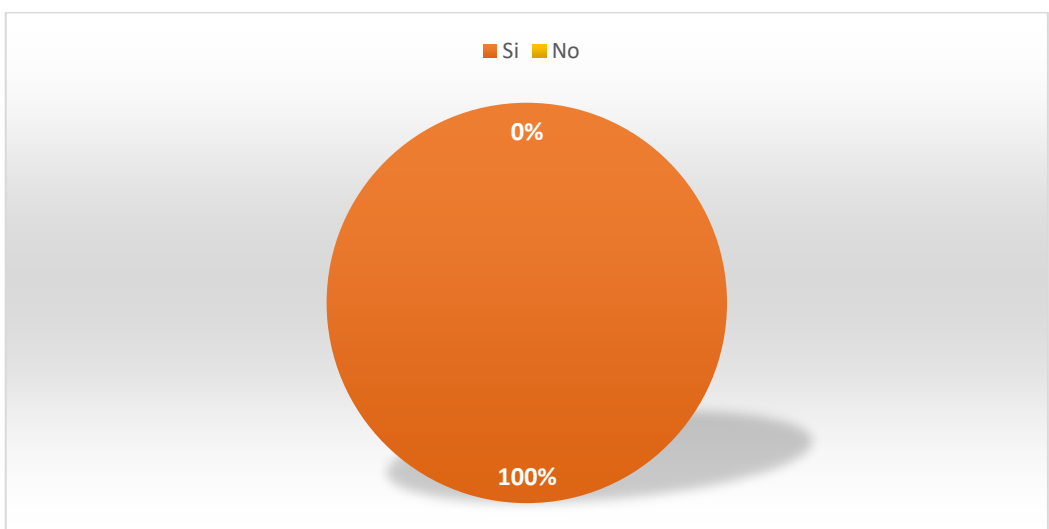


Figura 14: Conocimiento de aplicaciones IoT en sistemas agrícolas

9. Usted conoce acerca de las metodologías existentes que sirven como marco de trabajo en implementaciones IoT

Como resultado tenemos que, el 60% de los encuestados no conocen acerca de las metodologías existentes aplicadas a implementaciones IoT:

Tabla 12 Conocimiento de metodologías aplicadas al IoT

<i>Opciones</i>	<i># Respuestas</i>
<i>Si</i>	4
<i>No</i>	6

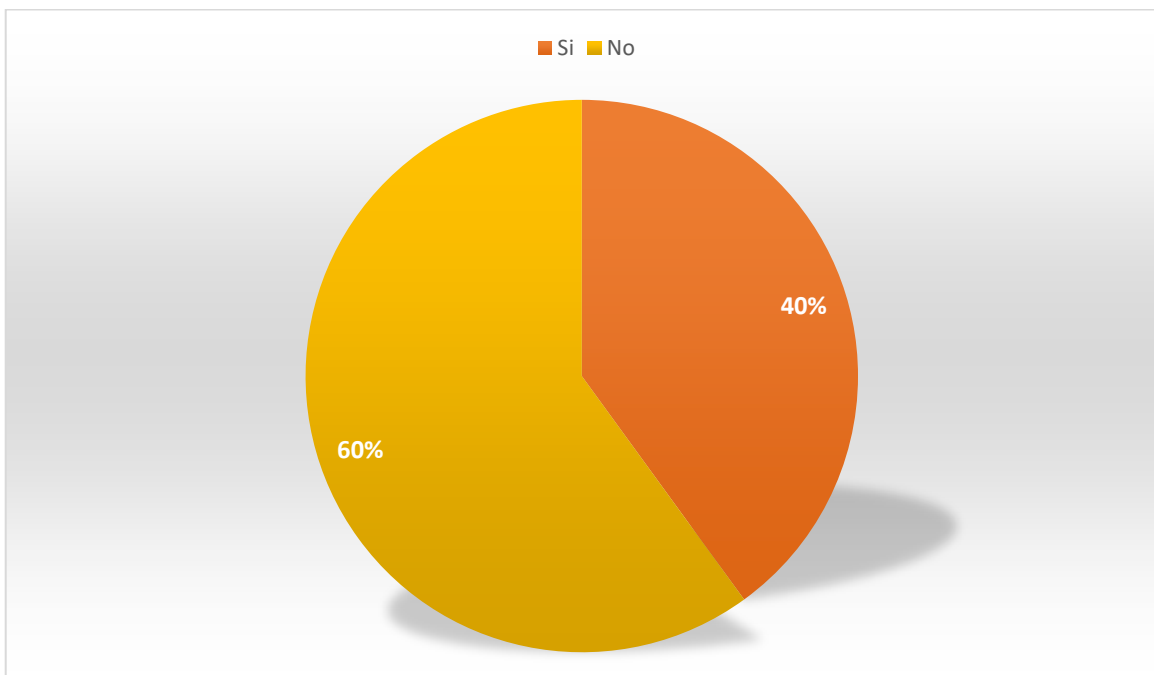


Figura 15: Conocimiento de metodologías aplicadas al IoT

10. Según la información brindada acerca de la metodología AGRO-IOT, metodología propuesta para sistemas IoT aplicados a la agricultura de precisión:

Evaluación según el criterio del encuestado con relación a la metodología AGRO_IOT y las metodologías existentes actualmente:

Parámetros de evaluación:

Se detalla a continuación los parámetros de evaluación:

Tabla 13 Puntuación escala de Likert

Escala	Puntuación
1	2 pts
2	4 pts
3	6 pts
4	8 pts
5	10 pts

Tabla 14 Parámetros de evaluación

Promedio	Resultado
<70	No cumple con norma ISO 9001:2015
>70	Cumple con norma ISO 9001:2015

Respuestas obtenidas:

Tabla 15 Evaluación de parámetros de la norma ISO 9001:2015

Ítem	Parámetros	1	2	3	4	5
1	¿Cree usted que existe actualmente una metodología IoT que sirva como marco de referencia y garantice la calidad de sistemas en la agricultura de precisión?	3	5	2	0	0
2	¿Cree usted que las metodologías IoT existentes cumplen con la norma ISO 9001:2015?	4	2	4	0	0
3	¿Cree usted necesario desarrollar una propuesta metodológica de implementación IoT que aplique los parámetros de la norma ISO 9001:2015?	0	0	3	3	4
4	¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, optimice la calidad del sistema IoT a implementarse?	0	0	0	3	7
5	¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, permitiría completar el ciclo de vida de la agricultura de precisión?	0	0	0	5	5
6	¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, pueda solucionar las falencias con respecto a la calidad de un sistema y pueda aplicarse como una metodología a seguir en implementaciones IoT aplicado a la agricultura de precisión?	0	0	2	5	3
7	¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, sería fácil de aplicarse en implementaciones IoT orientados a la agricultura de precisión?	0	1	2	3	4
8	¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema promueve el trabajo en equipo con las partes interesadas?	0	0	0	5	5
9	¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema cumple con el seguimiento, medición, análisis y evaluación de un sistema orientado a la agricultura de precisión?	0	1	3	4	2

10	¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema promueve la mejora continua y garantiza el soporte necesario en caso de inconformidades del sistema IoT orientado a la agricultura de precisión?	0	0	3	2	5
----	--	---	---	---	---	---

Puntuación de las respuestas:

Tabla 16 Puntuación de respuestas según escala de Likert

Ítem	Parámetros	Puntos
4	¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, optimice la calidad del sistema IoT a implementarse?	94
5	¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, permitiría completar el ciclo de vida de la agricultura de precisión?	90
6	¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, pueda solucionar las falencias con respecto a la calidad de un sistema y pueda aplicarse como una metodología a seguir en implementaciones IoT aplicado a la agricultura de precisión?	82
7	¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, sería fácil de aplicarse en implementaciones IoT orientadas a la agricultura de precisión?	80
8	¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema promueve el trabajo en equipo con las partes interesadas?	90
9	¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema cumple con el seguimiento, medición, análisis y evaluación de un sistema orientado a la agricultura de precisión?	74
10	¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema promueve la mejora continua y garantiza el soporte necesario en caso de inconformidades del sistema IoT orientado a la agricultura de precisión?	84

Para la evaluación de la metodología AGRO_IoT se considera desde la 4ta pregunta hasta la 10ma, debido a que, estas se encuentran enfocadas a evaluar la metodología en base a la norma ISO 9001:2015. La evaluación da como resultante un promedio de 84,86 como puntuación final de la metodología propuesta. Siendo mayor a 70 según los parámetros de evaluación, se puede entender que, la metodología cumple con los parámetros de la norma ISO 9001:2015.

CONCLUSIONES

- Se diseñó una metodología para el desarrollo de sistemas IoT aplicados a la agricultura de precisión conocida como AGRO_IOT, esta metodología es resultante al análisis comparativo de metodologías, empleo de la norma ISO 9001:2015 y revisión bibliográfica.
- Se fundamentó el desarrollo de la metodología AGRO_IOT en base a recursos científicos de implementaciones de sistemas IoT aplicados a la agricultura de precisión.
- El análisis, comparación y evaluación de las metodologías ha servido para el conocimiento de falencias en calidad de metodologías existentes y ha aportado en el desarrollo de la metodología AGRO_IOT.
- La evaluación de la metodología AGRO_IOT se realizó en base a parámetros de la norma ISO 9001:2015 mediante la escala de Likert gracias a la aplicación de una encuesta a profesionales del área de Ingeniería de Sistemas.
- Se elaboró el análisis y los gráficos de las respuestas, obteniendo como resultado a la evaluación el puntaje de 84,86.
- El resultado de la evaluación de la metodología AGRO_IOT, es mayor a 70. Según los parámetros de evaluación, se puede entender que, la metodología cumple con los parámetros de la norma ISO 9001:2015

RECOMENDACIONES

- Las aplicaciones para dispositivos conectados a internet son amplias y escoger una metodología como marco de referencia es esencial para el éxito de un sistema IoT.
- Para establecer una metodología adecuada se debe analizar, comparar y evaluar desde distintos paradigmas para así tener claro del objetivo a cumplir.
- El análisis, tablas y gráficos son de gran ayuda cuando son precisos y fáciles de entender; esto permite una interpretación óptima de los datos del estudio realizado.
- Aplicar la norma ISO 9001:2015 para garantizar la calidad de un sistema IOT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. Rose, S. Eldridge, y L. Chapin, *La internet de las cosas - Una breve reseña*. 2015 Internet Society, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
- [2] «Breve historia de Internet», *Internet Society*. <https://www.internetsociety.org/es/internet/history-internet/brief-history-internet/> (accedido 11 de septiembre de 2022).
- [3] INEC, *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, 2019*, Unidad de Estadísticas Agropecuarias. Quito, 2020.
- [4] J. A. Orellana Torres, «Análisis de la producción agrícola ecuatoriana aplicando técnicas de la minería de datos», 2021, Accedido: 8 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16917>
- [5] J. Tovar-Soto, J. Suárez, A. Rodríguez, y G. Cainaba, «Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual», *Lámpsakos*, p. 86, nov. 2019, doi: 10.21501/21454086.3253.
- [6] J. A. Laverde Mena, C. G. Laverde Mena, J. A. Laverde Mena, y C. G. Laverde Mena, «Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego», *Dilemas Contemp. Educ. Política Valores*, vol. 8, n.º 2, abr. 2021, doi: 10.46377/dilemas.v8i2.2542.
- [7] N. López Díaz *et al.*, «Principales análisis para la toma de decisiones en las producciones agropecuarias», *Rev. Univ. Soc.*, vol. 13, n.º 3, pp. 233-242, jun. 2021.
- [8] U. E. Gómez-Prada, M. L. Orellana-Hernández, y J. M. Salinas-Ibáñez, «Apropiación de Sistemas de Tecnologías de la Información para toma de Decisiones de Productores Agroindustriales Basada en Videojuegos Serios. Una Revisión», *Inf. Tecnológica*, vol. 30, n.º 5, pp. 331-340, oct. 2019, doi: 10.4067/S0718-07642019000500331.
- [9] G. E. R. Ibarra, «Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola», *Comput. Electron. Sci. Theory Appl.*, vol. 3, n.º 1, Art. n.º 1, mar. 2022, doi: 10.17981/cesta.03.01.2022.04.
- [10] H. Vite Cevallos, O. Vargas, y L. Collaguazo, *INTERNET DE LAS COSAS APLICADO A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA*. 2018.
- [11] Ó. A. Orozco y G. L. Ramírez, «Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión», *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 15, n.º 28, pp. 103-124, 2016.
- [12] R. Cañedo Andalia, «Aproximaciones para una historia de Internet», *ACIMED*, vol. 12, n.º 1, pp. 0-0, feb. 2004.
- [13] «Internet de las cosas (IoT): dispositivos conectados en el mundo 2019-2030», *Statista*. <https://es.statista.com/estadisticas/517654/prevision-de-la-evolucion-de-los-dispositivos-conectados-para-el-internet-de-las-cosas-en-el-mundo/> (accedido 11 de septiembre de 2022).
- [14] T. Ojha, S. Misra, y N. S. Raghuwanshi, «Internet of Things for Agricultural Applications: The State of the Art», *Ieee Internet Things J.*, vol. 8, n.º 14, pp. 10973-10997, jul. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2021.3051418.
- [15] I. Ramírez Morales, B. Ruilova Reyes, y J. Garzón Montealegre, *Innovación tecnológica en el sector agropecuario*. Machala: Ecuador, 2015. Accedido: 11 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6848>
- [16] C. B. Y. Cortés, J. M. I. Landeta, J. G. B. Chacón, F. A. Pereyra, y M. L. Osorio, «El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras», *Concienc.*

- Tecnológica*, n.º 54, 2017, Accedido: 11 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/html/>
- [17] C. Savaglio, «A Methodology for the Development of Autonomic and Cognitive Internet of Things Ecosystems», Accedido: 21 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/37477911/A_Methodology_for_the_Development_of_A_automonic_and_Cognitive_Internet_of_Things_Ecosystems
- [18] G. Fortino *et al.*, «INTER-Meth: A Methodological Approach for the Integration of Heterogeneous IoT Systems», en *Interoperability of Heterogeneous IoT Platforms: A Layered Approach*, C. E. Palau, G. Fortino, M. Montesinos, G. Exarchakos, P. Giménez, G. Markarian, V. Castay, F. Fuart, W. Pawłowski, M. Mortara, A. Bassi, F. Gevers, G. Ibáñez-Sánchez, y I. Huet, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 195-230. doi: 10.1007/978-3-030-82446-4_7.
- [19] L. Davoli, L. Belli, A. Cilfone, y G. Ferrari, «From Micro to Macro IoT: Challenges and Solutions in the Integration of IEEE 802.15.4/802.11 and Sub-GHz Technologies», *IEEE Internet Things J.*, vol. PP, pp. 1-1, sep. 2017, doi: 10.1109/JIOT.2017.2747900.
- [20] X. Li y L. D. Xu, «A Review of Internet of Things-Resource Allocation», *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, n.º 11, pp. 8657-8666, jun. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3035542.
- [21] O. Vermesan *et al.*, «Internet of Robotic Things Intelligent Connectivity and Platforms», *Front. Robot. Ai*, vol. 7, p. 104, sep. 2020, doi: 10.3389/frobt.2020.00104.
- [22] S. Balaji, K. Nathani, y R. Santhakumar, «IoT Technology, Applications and Challenges: A Contemporary Survey», *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 108, n.º 1, pp. 363-388, sep. 2019, doi: 10.1007/s11277-019-06407-w.
- [23] A. Ghubaish, T. Salman, M. Zolanvari, D. Unal, A. Al-Ali, y R. Jain, «Recent Advances in the Internet-of-Medical-Things (IoMT) Systems Security», *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, n.º 11, pp. 8707-8718, jun. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3045653.
- [24] M. Hosseinzadeh, A. Hemmati, y A. M. Rahmani, «Clustering for smart cities in the internet of things: a review», *Clust. Comput.- J. Netw. Softw. Tools Appl.*, doi: 10.1007/s10586-022-03646-8.
- [25] B. Mbarek, M. Ge, y T. Pitner, «An Efficient Mutual Authentication Scheme for Internet of Things», *Internet Things*, vol. 9, p. 100160, mar. 2020, doi: 10.1016/j.iot.2020.100160.
- [26] R. Casadei, G. Fortino, D. Pianini, W. Russo, C. Savaglio, y M. Viroli, «Modelling and simulation of Opportunistic IoT Services with Aggregate Computing», *Future Gener. Comput. Syst.- Int. J. Escience*, vol. 91, pp. 252-262, feb. 2019, doi: 10.1016/j.future.2018.09.005.
- [27] Q. Wang, X. Zhu, Y. Ni, L. Gu, y H. Zhu, «Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review», *Internet Things*, vol. 10, p. 100081, jun. 2020, doi: 10.1016/j.iot.2019.100081.
- [28] M. Gurunathan y M. A. Mahmoud, «A Review and Development Methodology of a LightWeight Security Model for IoT-based Smart Devices», *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 11, n.º 2, pp. 125-134, feb. 2020.
- [29] K. Aruna y G. Pradeep, «Performance and Scalability Improvement Using IoT-Based Edge Computing Container Technologies», *SN Comput. Sci.*, vol. 1, n.º 2, p. 91, mar. 2020, doi: 10.1007/s42979-020-0106-9.
- [30] W. Liang y N. Ji, «Privacy challenges of IoT-based blockchain: a systematic review», *Clust. Comput.*, vol. 25, n.º 3, pp. 2203-2221, jun. 2022, doi: 10.1007/s10586-021-03260-0.

- [31] K. C. Park y D.-H. Shin, «Erratum to: Security assessment framework for IoT service», *Telecommun. Syst.*, vol. 64, n.º 1, pp. 223-223, ene. 2017, doi: 10.1007/s11235-016-0228-5.
- [32] A. Khanna y S. Kaur, «Internet of Things (IoT), Applications and Challenges: A Comprehensive Review», *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 114, n.º 2, pp. 1687-1762, sep. 2020, doi: 10.1007/s11277-020-07446-4.
- [33] A. S. Patil, B. A. Tama, Y. Park, y K.-H. Rhee, «A Framework for Blockchain Based Secure Smart Green House Farming», en *Advances in Computer Science and Ubiquitous Computing*, Singapore, 2018, pp. 1162-1167. doi: 10.1007/978-981-10-7605-3_185.
- [34] K. Shehzad, M. Afrasayab, M. Khan, M. A. Mushtaq, R. L. Ahmed, y M. M. Saleemi, «Use of Blockchain in Internet of things: A Systematic Literature Review», en *2019 Cybersecurity and Cyberforensics Conference (CCC)*, may 2019, pp. 165-171. doi: 10.1109/CCC.2019.00012.
- [35] A. Mosenia y N. K. Jha, «A Comprehensive Study of Security of Internet-of-Things», *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput.*, vol. 5, n.º 4, pp. 586-602, oct. 2017, doi: 10.1109/TETC.2016.2606384.
- [36] J. Li, D. Greenwood, y M. Kassem, «Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases», *Autom. Constr.*, vol. 102, pp. 288-307, jun. 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2019.02.005.
- [37] E. A. Q. Montoya, S. F. J. Colorado, W. Yesid, C. Muñoz, y G. E. C. Golondrino, «Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT», p. 18.
- [38] M. E. Cortés Cortés y M. Iglesias León, *Generalidades sobre metodología de la investigación*. Ciudad del Carmen, Camp.: Universidad Autónoma del Carmen, 2005.
- [39] G. Fortino, C. Savaglio, G. Spezzano, y M. Zhou, «Internet of Things as System of Systems: A Review of Methodologies, Frameworks, Platforms, and Tools», *Ieee Trans. Syst. Man Cybern.-Syst.*, vol. 51, n.º 1, pp. 223-236, ene. 2021, doi: 10.1109/TSMC.2020.3042898.
- [40] J. O. G. Cárdenas, P. E. F. Millán, I. A. Valdovinos, y J. R. B. Delgado, «DISEÑO ARQUITECTURAL DE UNA PLATAFORMA IOT PARA LA MONITORIZACIÓN AMBIENTAL APLICADA EN VIVEROS DE PLANTAS DE ORNATO», vol. 11, p. 27.
- [41] C. Savaglio, *Re-Engineering IoT Systems through ACOSO-Meth: the IETF CoRE based agent framework case study*. 2018.
- [42] E. Cabrera, P. Cárdenas, P. Cedillo, y P. Pesántez-Cabrera, «Towards a Methodology for creating Internet of Things (IoT) Applications based on Microservices», en *2020 IEEE International Conference on Services Computing (SCC)*, nov. 2020, pp. 472-474. doi: 10.1109/SCC49832.2020.00072.
- [43] V. R. R. Kolipaka, «Predictive analytics using cross media features in precision farming», *Int. J. Speech Technol.*, vol. 23, n.º 1, pp. 57-69, mar. 2020, doi: 10.1007/s10772-020-09669-z.
- [44] F. Nabi, S. Jamwal, y K. Padmanbh, «Wireless sensor network in precision farming for forecasting and monitoring of apple disease: a survey», *Int. J. Inf. Technol.*, vol. 14, n.º 2, pp. 769-780, mar. 2022, doi: 10.1007/s41870-020-00418-8.
- [45] L. Gonzalez y G. Antonio, «Factores críticos de éxito en la aplicación de la IOT al Sector Agropecuario», p. 15.
- [46] J. Ammann, C. Umstätter, y N. El Benni, «The adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss outdoor vegetable production: a Delphi study»,

- Precis. Agric.*, vol. 23, n.º 4, pp. 1354-1374, ago. 2022, doi: 10.1007/s11119-022-09889-0.
- [47] H. Kendall *et al.*, «Precision agriculture technology adoption: a qualitative study of small-scale commercial “family farms” located in the North China Plain», *Precis. Agric.*, vol. 23, n.º 1, pp. 319-351, feb. 2022, doi: 10.1007/s11119-021-09839-2.
- [48] O. X. B. Almeida, W. D. B. Vera, y V.-I. Guevara-Arias, «Big Data en la predicción meteorológica para cultivos», *Rev. Alfa*, vol. 6, n.º 16, Art. n.º 16, mar. 2022, doi: 10.33996/revistaalfa.v6i16.148.
- [49] «The research of IOT of agriculture based on three layers architecture». <https://ieeexplore.ieee.org/document/7868325> (accedido 6 de septiembre de 2022).
- [50] K. A. Patil y N. R. Kale, «A model for smart agriculture using IoT», en *2016 International Conference on Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication (ICGTSPICC)*, dic. 2016, pp. 543-545. doi: 10.1109/ICGTSPICC.2016.7955360.
- [51] «8CyT12.pdf». Accedido: 9 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>
- [52] A. F. B. Jijon y M. M. B. Anastacio, «Factores claves del éxito de las organizaciones que han adoptado la norma ISO 9001», *INNOVA Res. J.*, vol. 3, n.º 2, Art. n.º 2, feb. 2018, doi: 10.33890/innova.v3.n2.2018.425.
- [53] «ISO 9001:2015(es), Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos». <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es> (accedido 11 de septiembre de 2022).
- [54] C. Savaglio, T. Leppänen, W. Russo, J. Riekkilä, y G. Fortino, «Re-Engineering IoT Systems through ACOSO-Meth: the IETF CoRE based agent framework case study», p. 9.
- [55] E. Cabrera, P. Cardenas, P. Cedillo, y P. Pesantez-Cabrera, «Towards a Methodology for creating Internet of Things (IoT) Applications based on Microservices», en *2020 IEEE International Conference on Services Computing (SCC)*, Beijing, China, nov. 2020, pp. 472-474. doi: 10.1109/SCC49832.2020.00072.

4 ANEXOS

4.1 ANEXO I: ENCUESTA APLICADA

Tabla 17 Encuesta a aplicarse a profesionales del área

ENCUESTA DIRIGIDA A LA EVALUACIÓN DE METODOLOGÍA IOT APLICADA A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

1. Seleccione el rango de su edad

18-24 años

25-30 años

31-40 años

Mayor de 40 años

2. Experiencia profesional

Internet de las cosas

Big Data

Minería de datos

Desarrollo de sistemas

Desarrollo de software

Otros

3. ¿Conoce usted acerca del término IoT?

Si

No

4. ¿Ha aplicado el término IoT en casos reales de su vida profesional?

Si

No

5. En qué ámbito ha aplicado internet de las cosas

Industria

Sector acuícola

Sector textil

Sector educativo

Sector agrícola

Otro:

6. A su criterio, seleccione los 3 beneficios de más importantes de la aplicación IoT

Mejora de productividad y eficiencia.

Conocimiento y mejor servicio al cliente.

Oportunidades de negocio.

Toma de decisiones.

Reducción de costes

Intercambio de información de forma rápida y en tiempo real

7. A su criterio, seleccione los 3 retos más importantes de la aplicación IoT

Seguridad

Costo de implementación

Privacidad

Conectividad

Compatibilidad

8. Usted conoce acerca de las aplicaciones IoT en sistemas agrícolas

Si

No

9. Usted conoce acerca de las metodologías existentes que sirven como marco de trabajo en implementaciones

IoT

Si

No

10. Según la información brindada acerca de la metodología AGRO-IOT, metodología propuesta para sistemas IoT aplicados a la agricultura de precisión:

Evaluar según su criterio con relación a la metodología propuesta y las metodologías existentes actualmente:

Ítem	Parámetros	1	2	3	4	5
1	<i>¿Cree usted que existe actualmente una metodología IoT que sirva como marco de referencia y garantice la calidad de sistemas en la agricultura de precisión?</i>					
2	<i>¿Cree usted que las metodologías IoT existentes cumplen con la norma ISO 9001:2015?</i>					
3	<i>¿Cree usted necesario desarrollar una propuesta metodológica de implementación IoT que aplique los parámetros de la norma ISO 9001:2015?</i>					
4	<i>¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, optimice la calidad del sistema IoT a implementarse?</i>					
5	<i>¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, permitiría completar el ciclo de vida de la agricultura de precisión?</i>					
6	<i>¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, pueda solucionar las falencias con respecto a la calidad de un sistema</i>					

y pueda aplicarse como una metodología a seguir en implementaciones IoT aplicado a la agricultura de precisión?

7 *¿Cree usted que la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema, sería fácil de aplicarse en implementaciones IoT orientadas a la agricultura de precisión?*

8 *¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema promueve el trabajo en equipo con las partes interesadas?*

9 *¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema cumple con el seguimiento, medición, análisis y evaluación de un sistema orientado a la agricultura de precisión?*

10 *¿Considera usted que, la propuesta metodológica con énfasis en la calidad del sistema promueve la mejora continua y garantiza el soporte necesario en caso de inconformidades del sistema IoT orientado a la agricultura de precisión?*
