



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**MENCIÓN REDES INDUSTRIALES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO MAGISTER EN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN MENCIÓN REDES INDUSTRIALES**

**AUTOR: ING. CHUCHICO ARCOS, CRISTIAN PAUL**

**DIRECTOR: ING. RIVAS LALALEO, DAVID RAIMUNDO Ph.D.**

**LATACUNGA - 2021**





**01** INTRODUCCIÓN

**02** DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

**03** DESARROLLO EXPERIMENTAL

**04** CONCLUSIONES

# INTRODUCCIÓN

**DEMANDA DE  
PRODUCCIÓN  
AGRICOLA**

**GESTIÓN EFICIENTE  
DE RECURSOS**



**RECOPIACIÓN  
DE DATOS**

**ANÁLISIS  
DE DATOS**



# INTRODUCCIÓN



## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

**SEGURIDAD**



**MONITOREO**



**SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN**

**CONECTIVIDAD**



# DESARROLLO EXPERIMENTAL

01

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO



02

ANÁLISIS DOCUMENTAL



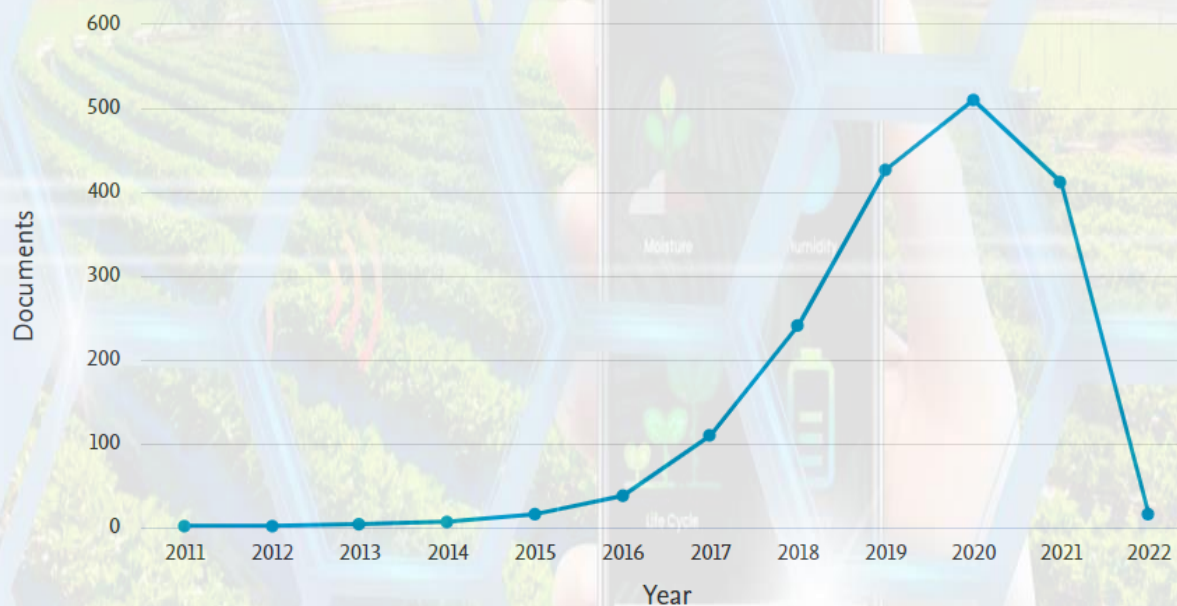
03

SIMULACIÓN



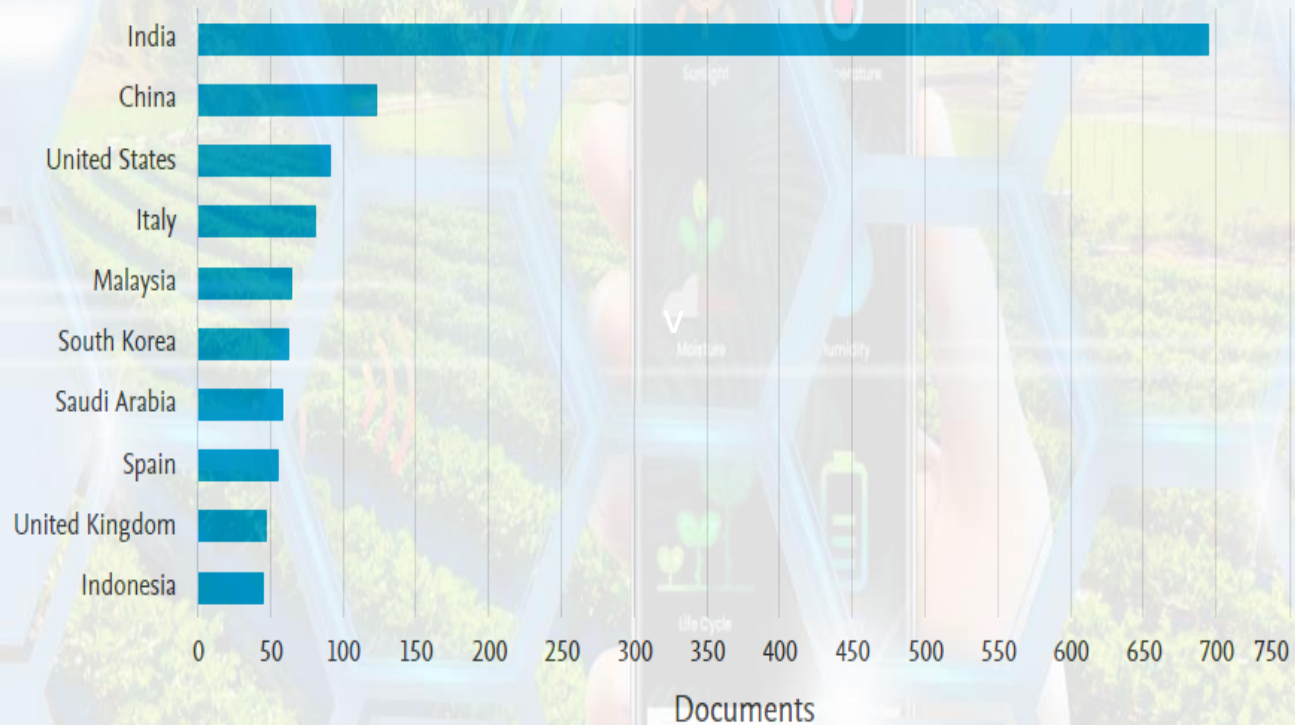


## Publicaciones por Año (Scopus)ccc

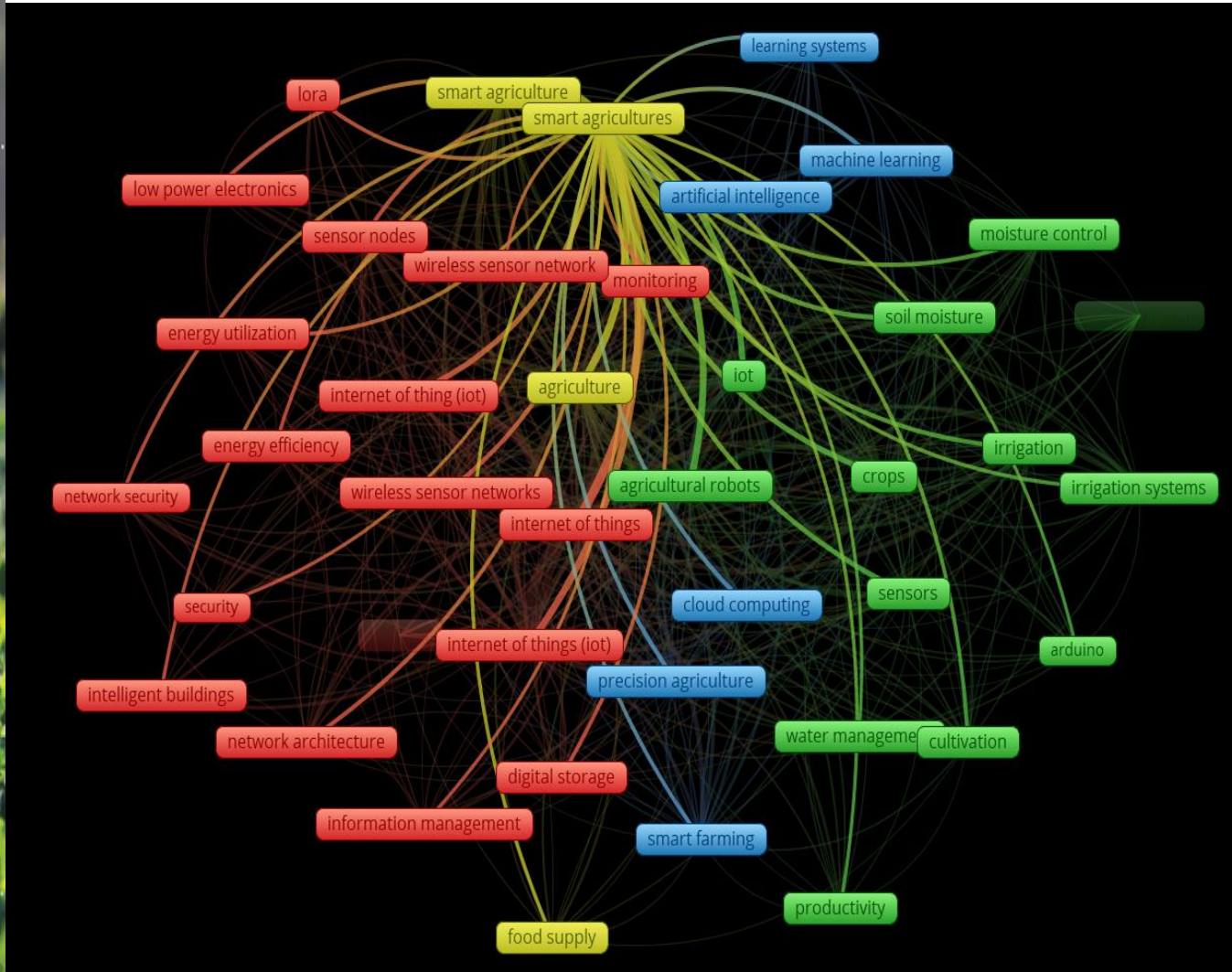




## Publicaciones por Territorio (Scopus)



# Términos correlacionados (VOSviewer)





# Análisis Documental – Consumo Energético



NODO SENSOR	I SLEEP	I ACTIVE	I TRANSMISION
Tiny Node	5 uA	3 mA	62 mA
Wasp mote	7 uA	9 mA	20 mA
LOTUS	– uA	16 mA	17 mA
Sun SPOT	32 uA	206 mA	–
MicaZ SPS	170 uA	4.35 mA	18.5 mA
IITH mote	180 uA	11.58 mA	26.58 mA

# Análisis Documental – Consumo Energético



PROTOCOLO	ESTÁNDAR	ALCANCE	VELOCIDAD	CONSUMO ENERGÉTICO
BLE	IEEE 2802.15.1	100 m	1Mbps	10 mW
ZigBee	IEEE 2802.15.4	100 m	20,40,250 kbps	36.9 mW
LoRa	IEEE2 802.15.4g	Urbanos 2 - 5 Km, Rural 15 Km m	50 kbps	100 mW
NB-IoT	3GPP release 13	Urbano 1 - 8Km, Rural 25 Km	200kbps (UL) 250 Kbps (DL)	106 mW

# Análisis Documental – Consumo Energético



Controlador	I Activo	I Sleep
Arduino UNO	49 mA	34.5mA
Node MCU /ESP8266	15mA	10 uA
AT mega 328P	15 mA	0.36 mA

# Análisis Documental – Consumo Energético



Trabajo	Contribución Técnica	Estimación de Autonomía	Alimentación
(Borrero & Zabalo, 2020)	An Autonomous Wireless Device for Real-Time Monitoring of Water Needs	724 días	Li-Po 3.7V 2200mAh
(Heble S. , y otros, 2018)	A Low Power IoT Network for Smart Agriculture	243 días	Li-Ion 2000mAh
(Riquelme, y otros, 2009)	Wireless Sensor Networks for Precision Horticulture in Southern Spain	223 días	AA NiMH 2700 mAh
(García-Fallas, 2016)	SESBeacon: Nodo Sensor Electrónico Para Alertas Tempranas	218 días	Li-Ion 3.6V 2250mAh
(Visconti, de Fazio, Velasquez, Del Valle Soto, & Giannoccaro, 2020)	Development of Sensors-Based Agri-Food Traceability System Remotely Managed by a Software Platform for Optimized Farm Management	168 días	Li-Po 4.1V 100mAh
(Ilie-Ablachim, Pătru, Florea , & Rosner , , 2016)	Monitoring Device for Culture Sub- strate Growth Parameters for Precision Agriculture: Acronym: MoniSen	183 días	2.4V 2400mAh (conv. elev. MCP1640)
(Zhao, Lin, Han, Xu, & Hou, 2017)	Design and Implementation of Smart Irrigation System Based on LoRa	12 días	3.6V 4800mAh
(López, y otros, 2015)	GAIA2: A Multifunctional Wireless De- vice for Enhancing Crop Management	1200 días	NiMH 4.8V 6000mAh
(Catelani, Ciani, Bartolini, Guidi, & Patrizi, 2020)	Characterization of a low-cost and low-power Environmental monitoring system	14 días	Li-Ion 7V, 3500 mAh,

# Análisis Documental – Seguridad



Clasificación de la amenaza	Descripción
Suplantación de identidad	Un ataque por suplantación de identidad por IP es cuando un atacante/un tercero se hace pasar por una entidad distinta, pero de confianza, a través de falsificaciones de los datos ante una comunicación.
Denegación de servicio	Dejar sin funcionar un equipo, impedir brindar un servicio o cortar la comunicación.
Manipulación de información	Manipulación o remplazo de datos.
Divulgación de información	Proporcionar datos confidenciales a equipos o direcciones no autorizadas.
Elevación de privilegios	Forzar a un dispositivo a ejecutar otras funciones a las cuales estaba restringido.

# Análisis Documental – Seguridad

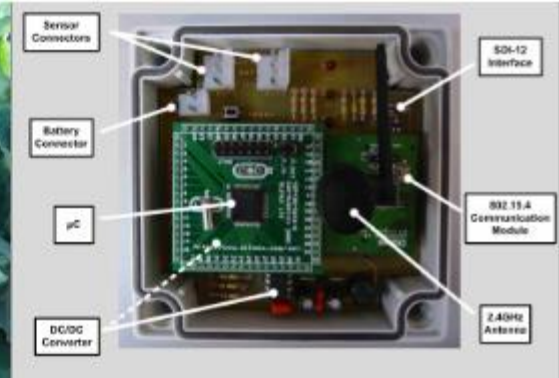


# Análisis Documental – Seguridad

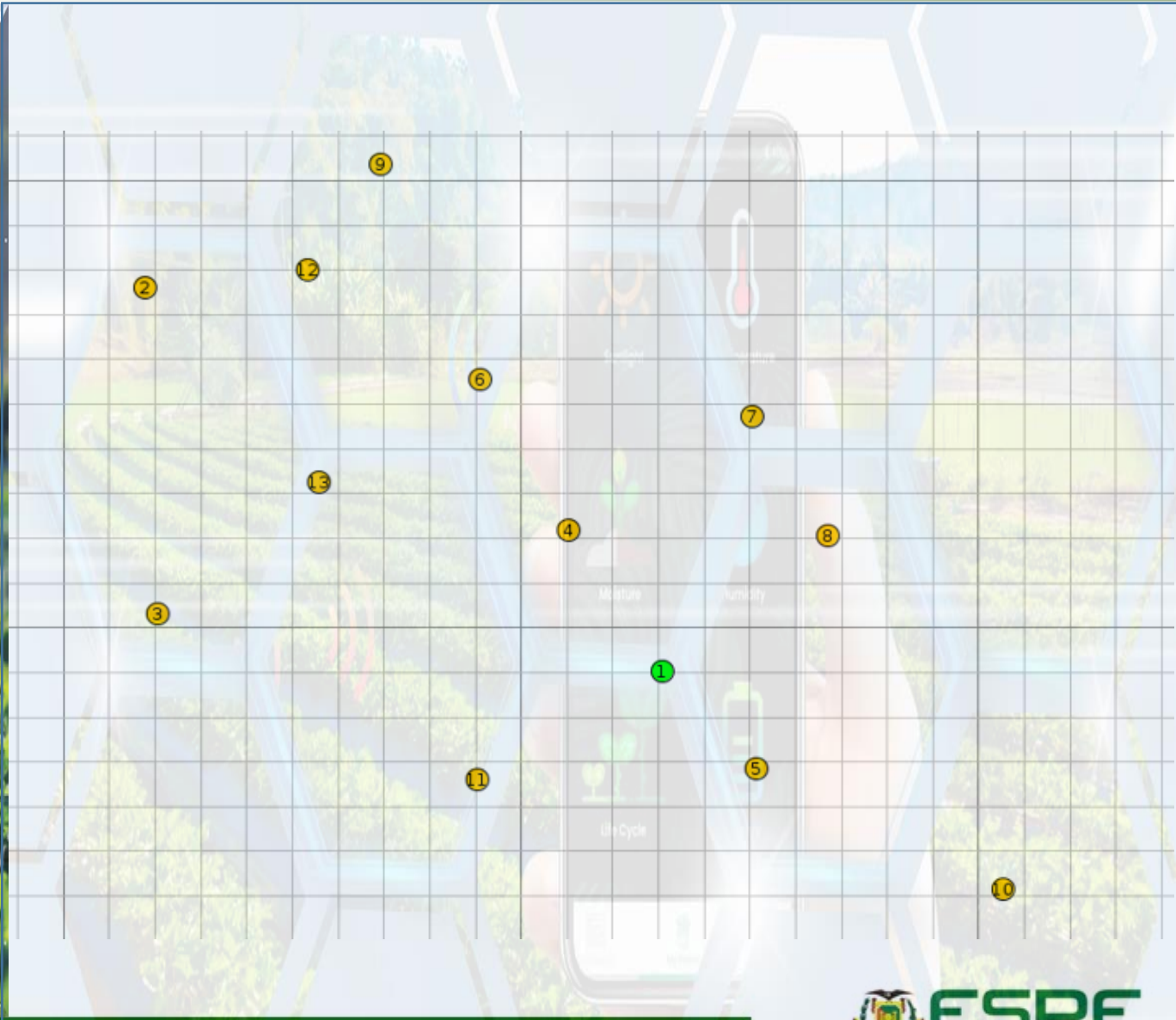


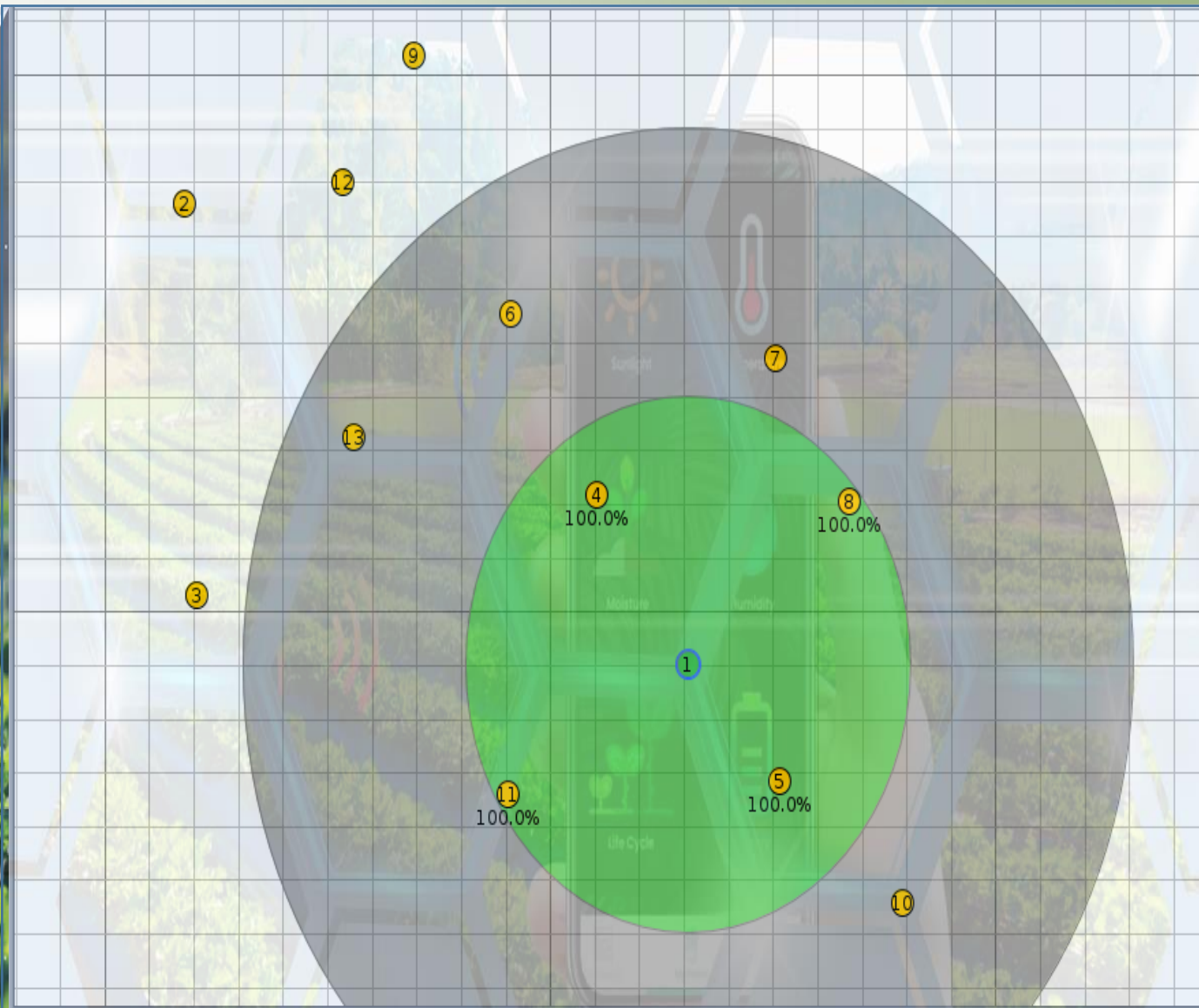
Protocolo	Estándar	Autenticación	Encriptación	Alcance	Velocidad
BLE	IEEE 802.15.1	AES-CCM	AES-CCM	100m	1Mbps
ZigBee	IEEE 802.15.4	AES-CCM	AES-CCM	100m	20, 40, 250 Kbps
LoRa	IEEE 802.15.4g	AES-CTR	AES-CTR	Urbano 2Km, rural 15 Km	50 Kbps
NB-IoT	3Gpp release 13	DTLS APN	DTLS APN	Urbano 1 – 8 Km Rural 25 Km	200 Kbps

# Análisis Documental – Encapsulados





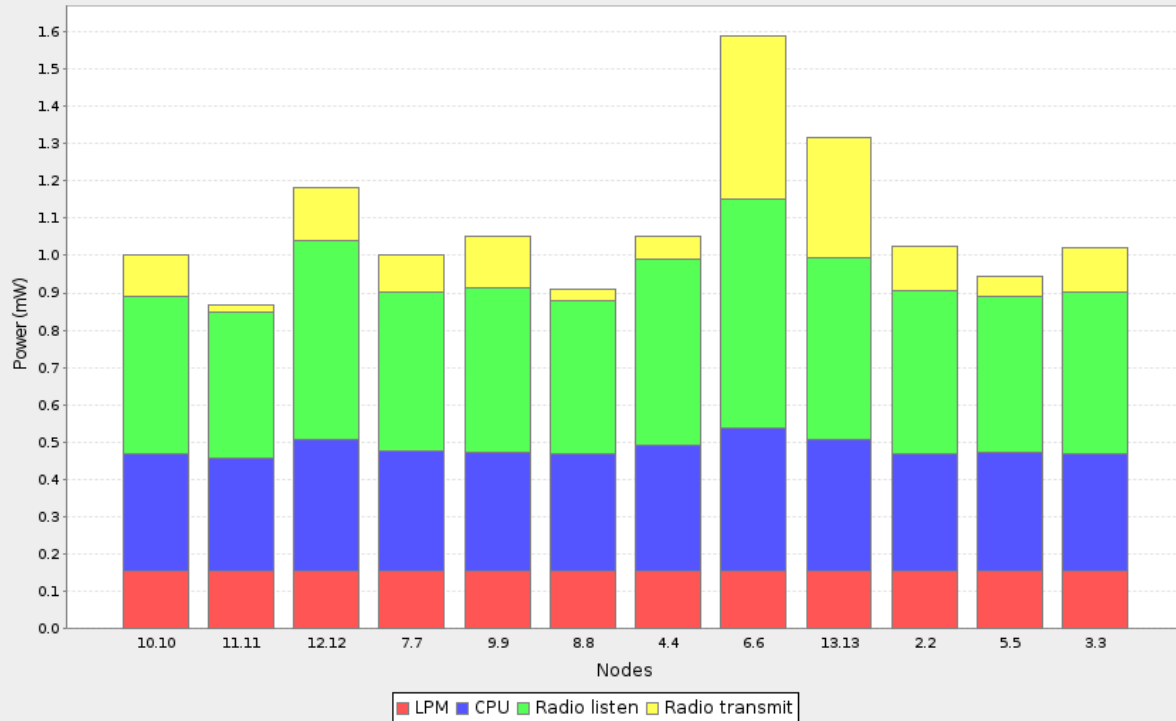


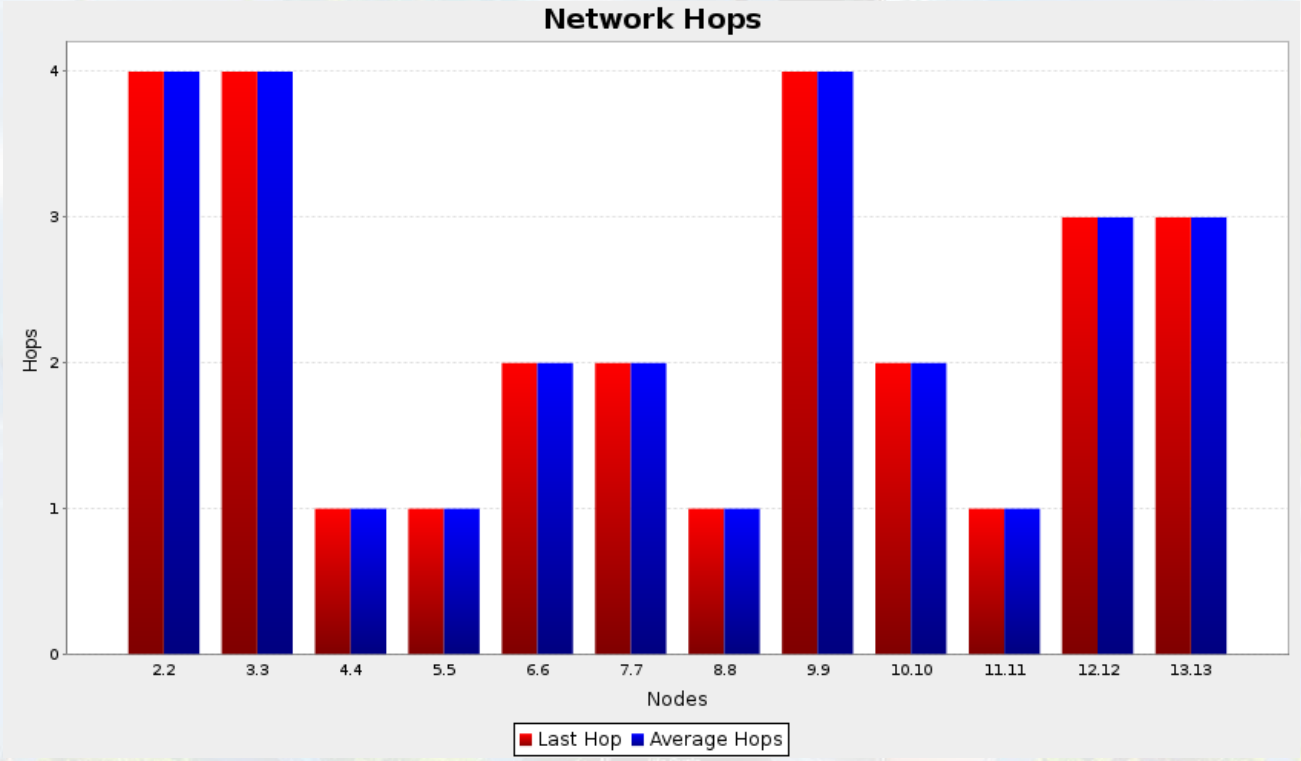


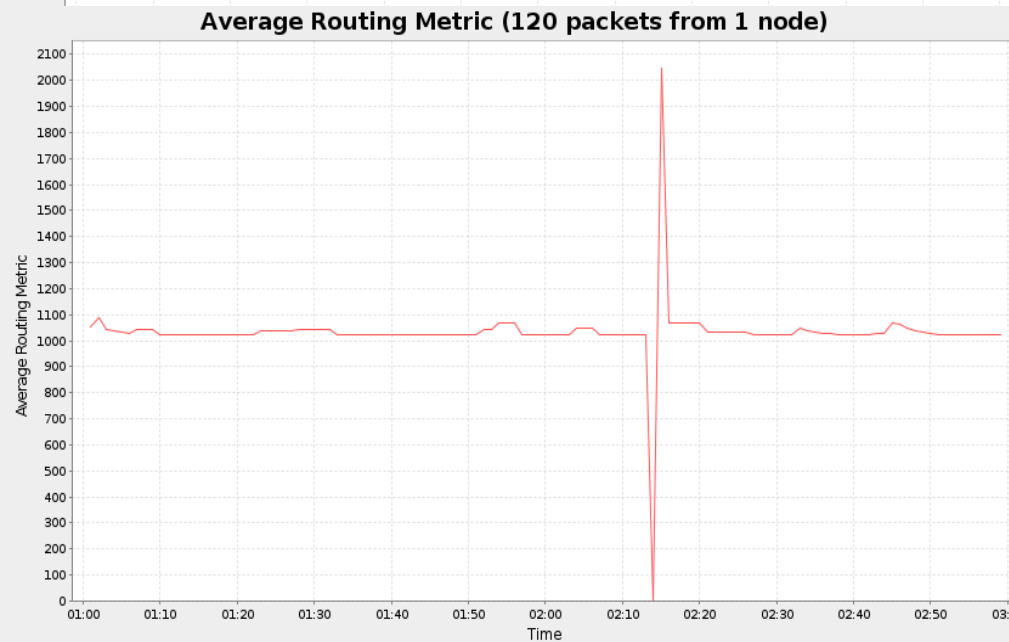
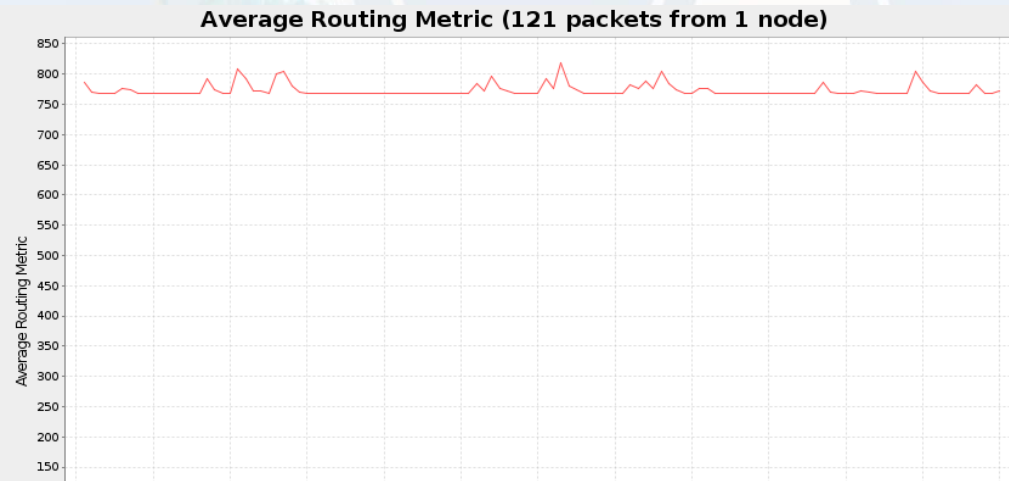


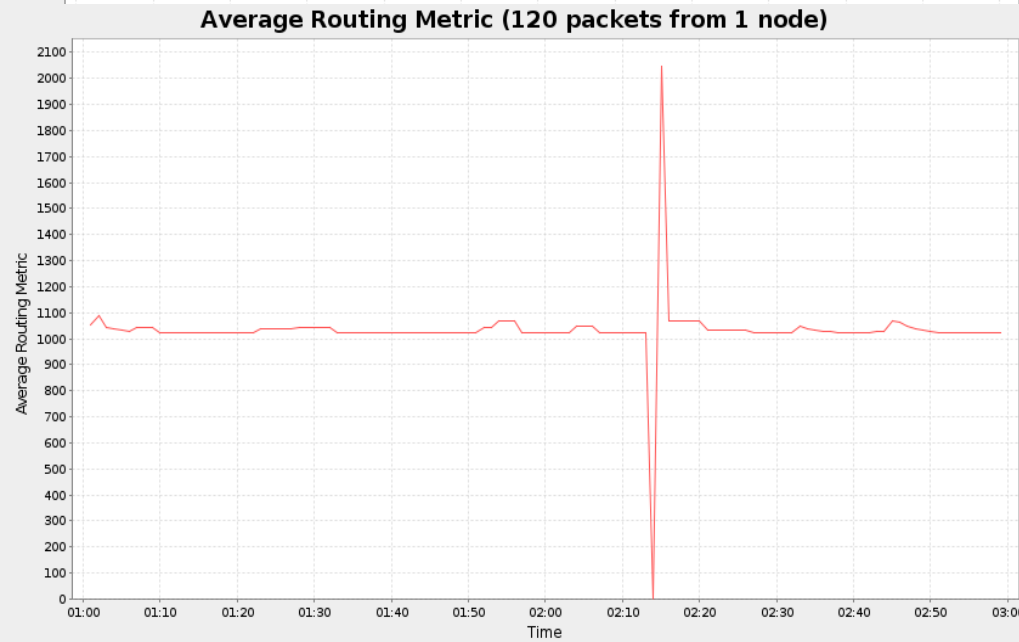
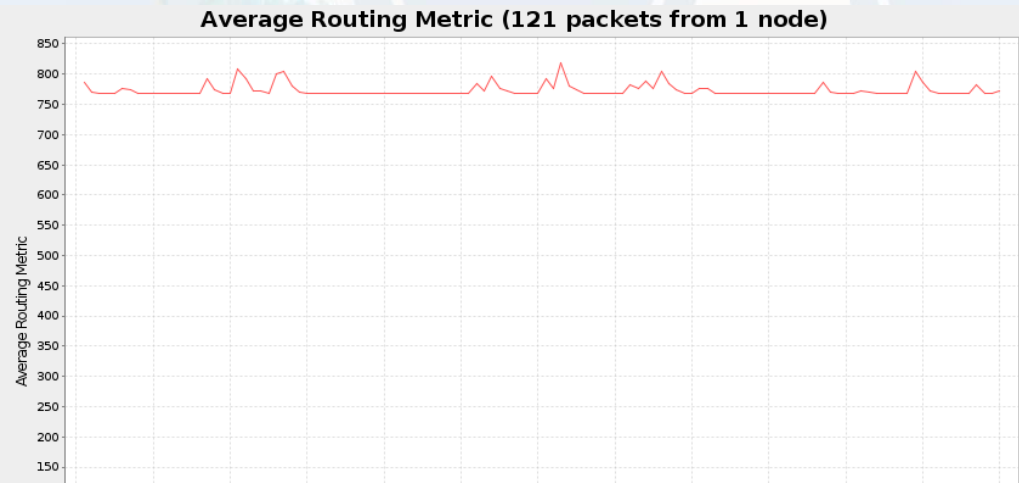


### Average Power Consumption









# Ejemplo de servidor implementado



192.168.0.110:1880/ui/#!/0?socke

### Ejemplo Servidor IoT

### Ejemplo Servidor IoT

#### chart

Time	Value
16:07:00	~20
16:12:32	29
16:17:00	~20
16:34:00	~20

#### gauge

22 units

numeric

#### Seteo Analógicas

numeric

slider

#### Información

date 07/10/2021

#### Variables Digitales

switch

**ENCENDER/APAGAR**

#### Lecturas Analógicas

#### chart

Time	Value
16:07:00	~20
16:17:00	~20
16:35:00	~20

#### gauge





- Se estableció 41 términos asociados con la cadena de búsqueda “IoT + Smart Agriculture”, agrupados en 4 clústeres, con un total de 762 enlaces entre sí, usando estos datos para definir las áreas de interés mediante el análisis documental, presentación, comparación y análisis de los datos.
- Las tarjetas de desarrollo, así como los nodos sensores comerciales presentan diferentes modos de operación con el objetivo de optimizar el consumo energético logrando autonomías especificadas desde los 14 hasta 724 días; la incorporación de sistemas alternativos de carga de baterías, generalmente mediante paneles solares, es una tendencia marcada en los proyectos desarrollados, con lo que se ha estimado tiempos de autonomía de hasta 1200 días.



- Los protocolos analizados tienen prestaciones de seguridad que incluyen encriptación y autenticación mediante esquemas de cifrado como AES-CTR, AES-CCM, entre otros, los cuales deben ser aplicados a fin de evitar ser víctimas de ataques cibernéticos, la incorporación de herramientas de seguridad en la transmisión incrementa el consumo energético sin embargo no es recomendable bajo ningún punto de vista implementar un sistema sin medidas de seguridad.
- Las cajas contenedoras utilizadas manejan índice de protección IP65 o superiores y juegan un papel importante puesto que las condiciones a las que están expuestas no son favorables. Se debe considerar que las especificaciones de las cajas contenedoras encajen perfectamente con el circuito implementado puesto cualquier modificación hace que pierda sus características e índices de protección, además de generar atenuaciones e interferencia a las antenas.

# Conclusiones



- Se aplicó el software Cooja de Contiki como una herramienta de análisis de proyectos de IoT en la agricultura inteligente, a partir de una topología compuesta por 13 nodos y un servidor realizó el análisis de parámetros de comunicación, convergencia de la red, transmisión de datos y consumo energético, exponiendo la potencialidad del software y su versatilidad para adaptarse a diferentes escenarios y requerimientos particulares.
- Se implementó un servidor MQTT en Node-red para mostrar las funcionalidades disponibles en la lectura y escritura de datos para el control y monitoreo de variables físicas mediante la aplicación de IoT, diversas plantillas de servidores están disponibles en sitios de internet como GitHub las cuales se pueden modificar en función de las necesidades particulares de cada caso.

# SENSOR NODES AND COMMUNICATION PROTOCOLS OF THE INTERNET OF THINGS APPLIED TO INTELLIGENT AGRICULTURE



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN !!!**