FACULTAT
DE CIÈNCIES
I TECNOLOGIA
UVIC | UVIC·UCC

Treball de Fi de Grau

Supervisió i monitorització remota de granges d'engreix de porcí per mitjà de IoT i Lora

Abel Bau Fornés

Grau en Electrònica i Automàtica Industrial

Tutor: David Reifs

Vic, Juny de 2019

RESUM TREBALL FINAL DE GRAU
GRAU EN ELECTRÒNICA i AUTOMÀTICA INDUSTRIAL

Títol: *Supervisió i monitorització remota de granges de porcí per mitjà de IoT i Lora*
Paraules clau: *IoT, Lora, MQTT, Cloud, Industria 4.0*
Autor: Abel Bau Fornés
Tutor: David Reifs (UVic)
Data: Juny de 2019

En aquest Treball Final de Grau s'ha plantejat una solució que permeti la monitorització i supervisió de granges d'engreix de porcí. En el nostre territori la industria de producció de carn de porcí té un pes gran en l'economia. L'augment dels costos de les matèries primes, de l'energia... fa que el registre de dades de funcionament de les instal·lacions sigui una eina més per la optimització dels processos relacionats.

S'ha intentat planteja una solució que permeti supervisar paràmetres de funcionament de les instal·lacions de cria de porcs. Concretament ens hem centrat en la supervisió i monitorització de les instal·lacions d'engreix, que va des del porcs ja deslletats del voltant d'uns 20 kg, fins a porcs de 120 kg llestos per entrar a la cadena de comercialització de carn.

La solució que s'ha plantejat, té en compte les tecnologies disponibles actualment, com són el món IoT (Internet of Things) i les solucions d'emmagatzematge al Cloud. A més a més, s'ha pretès fer una solució que fos viable tant per petits com per grans productors.

La obtenció de les dades de funcionament de l'explotació permet que el propietari o gestor, pugui prendre decisions, en base al funcionament real de la instal·lació, que permetin optimitzar els costos d'explotació així com incrementar la competitivitat de la mateixa.

DEGREE FINAL PROJECT SUMMARY
DEGREE IN ELECTRONICS AND INDUSTRIAL AUTOMATION

Title: Remote monitoring of pig farms through IoT and Lora
Key words: *IoT, Lora, MQTT, Cloud, Industry 4.0*
Author: Abel Bau Fornés
Tutor: David Reifs (UVic)
Date: June 2019

In this final project, we have considered a solution that allows the monitoring of parameters on pig farms. In our territory, the pork production industry represents a very important part of the economy. The increase of the costs of raw materials, energy ... makes the farm data monitoring, a new tool for process optimization.

It has attempted to propose a solution that allows monitoring of the operating parameters of the pig breeding facilities. Specifically, we have focused on the monitoring and supervision of fattening facilities, ranging from piglets already weaned about 20 kg, up to 120 kg pigs ready to enter the chain of meat marketing.

The solution that have considered, takes into account the technologies currently available, such as the Internet of Things (IoT) and Cloud storage solutions. In addition, it has tried to make a solution that would be feasible for both small and large producers.

Recording operating data allows the owner or manager to make decisions, based on the actual operation of the installation, to optimize the operating costs and increase the competitiveness and productivity of the process.

FE D'ERRADES

Lloc	On diu	Ha de dir
Pàg. 6 Línia 4	que anys endarrere eren..	que anys enrere eren
Pàg. 6 Línia 4	i millorar l'ús del tots els seus..	i millorar l'ús de tots els seus…
Pàg. 8 Línia 4	catalana, es important	catalana, és important
Pàg. 8 Línia 9	per tal de millor i mantenir	per tal de millorar i mantenir
Pàg. 11 Línia 5	portant a que molts consideren	portant al que molts consideren
Pàg. 13 Línia 5	Es la integració dels conceptes	És la integració dels conceptes
Pàg. 14 Línia 19	Grans distancies de transmissió	Grans distàncies de transmissió
Pàg. 17 Línia 8	permetin disposar de energia	permetin disposar d'energia
Pàg. 18 Línia 19	de carboni. Es vital	de carboni. És vital
Pàg. 21 Línia 21	Per altre banda	Per altra banda
Pàg. 30 Línia 1	que compleix els requeriment	que compleix els requeriments
Pàg. 32 Línia 11	És la capa mes baixa	És la capa més baixa
Pàg. 37 Línia 20	China	Xina
Pàg. 37 Línia 22	Per altre banda	Per altra banda
Pàg. 37 Línia 25	Per altre banda	Per altra banda
Pàg. 42 Línia 5	estandards	estàndards
Pàg. 42 Línia 10	Fácil	Fàcil
Pàg. 42 Línia 14	Sencilla	Senzilla
Pàg.52 Línia 5	hem obtat	hem optat
Pàg. 54 Línia 7	Fós	Fos
Pàg. 64 Línia 23	indiquen que la snyal es	indiquen que la senyal és
Pàg. 74 Línia 11	Al final, es important	Al final, és important

Índex

1. INTRODUCCIÓ 7
1.1. Motivació 7
1.2. Objectius 10
2. TECNOLOGIA 12
2.1. Internet of things (IoT) 12
2.2. BigData 13
2.3. Cloud Computing 13
2.4. Industria 4.0 14
2.5. Protocols de transmissió de dades 15
3. REQUISITS DEL SISTEMA 16
3.1. Abast 18
3.2. Font d'energia 18
3.3. Dades a captar 18
3.4. Accés a Internet 22
3.5. Visualització i anàlisis de dades 22
3.6. Requisits addicionals 22
4. PROPOSTA DE SOLUCIÓ 24
4.1. Estructura de la solució 24
4.2. Adquisició de dades 26
4.2.1. Captació de les magnituds físiques 26
4.2.2. Processament de senyal dels sensors 28
4.3. Transmissió de dades 30
4.3.1. Recollida de dades del PLC 30
4.3.2. Enviament de dades / Recepció de dades 37
4.4. Registre de dades al "Cloud" 43
4.5. Accés remot a les dades 48
5. DISSENY/TEST DE LA SOLUCIÓ 49
5.1. Captació de dades (PLC) 53
5.2. Lectura de dades. PLC a Node-RED 56

5.3. Transmissió de dades Node a Gateway LORA 59
5.4. Test de distància de transmissió 64
5.5. Enviament de Dades al DashBoard (ThingsBoard) 66
5.6. Accés remot a les dades 70
6. ESTUDI ECONÒMIC DEL PROJECTE 72
6.1. Cost de elements de camp 72
6.2. Cost de muntatge i conexionat dels elements 73
6.3. Cost de programació i posta en marxa 73
6.4. Cost total de la proposta 74
6.5. Consideracions 74
7. CONCLUSIONS 75
8. POSSIBLES MILLORES 76
9. BIBLIOGRAFIA 78

AGRAÏMENTS

A tota la família i amics, i en especial a la Julia.

1. INTRODUCCIÓ

Actualment, ens trobem en un moment de grans canvis tant en l'àmbit tecnològic com social. La facilitat d'accés a la informació i el potencial pràcticament infinit de **Inter connectivitat** entre sistemes, capacitat d'emmagatzematge, de comunicació i de processament, fa possible fer plantejaments de solucions, que anys endarrere eren inviables.

Qualsevol empresa, ja sigui petita o gran, té accés als mateixos recursos que les grans multinacionals. Això li permet ser **competitiva** a nivell Global.

1.1. Motivació

El sector agrari, en especial el sector de la industria càrnica, ha sigut i continua sent un motor econòmic de la Catalunya interior. L'augment de preus de les matèries primes com són combustible, cereals, energia elèctrica, mà d'obra...etc., que presenten una tendència a l'alça a curt plaç, obliguen al sector a optimitzar i millorar l'ús del tots els seus recursos dins el procés productiu, per tal de mantenir un model de negoci competitiu a nivell **INTERNACIONAL.**

La producció de carn de porc es situa en primera posició pel que fa a la producció de carn de les diferents espècies de cria extensiva.

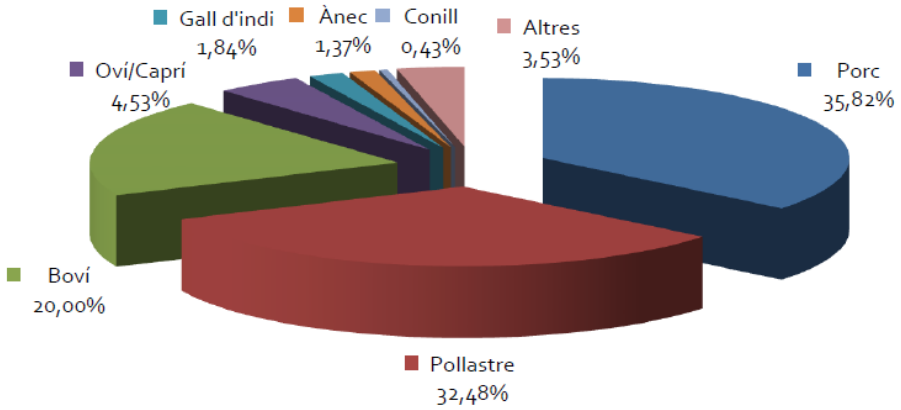


Figura 1. Producció de carn dels diferents tipus de bestiar en l'àmbit mundial durant l'any 2016.

GENCAT, 2017, Informe anual del sector Porcí 2017. Recuperat de *http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/ramaderia/sectors-ramaders/porci/informes/anuals*

A nivell global Espanya ocupa un lloc molt important, tenint en compte la quantitat de caps de bestia en relació a la població i territori disponible.

	2006	2015	2016	Variació (%) 2006-2016	Variació (%) 2015-2016
1. Xina	433.191.008	465.827.400	451.125.000	4,14	-3,16
2. Estats Units	61.448.900	68.389.300	71.500.400	16,36	4,55
3. Brasil	35.173.824	39.795.222	39.950.320	13,58	0,39
4. Espanya	26.218.706	29.367.335	29.231.595	11,49	-0,46
5. Vietnam	26.855.300	27.750.700	29.075.315	8,27	4,77
6. Alemanya	26.521.300	27.652.416	27.376.056	3,22	-1,00
7. Rússia	13.811.719	19.546.095	21.506.497	55,71	10,03
8. Mèxic	15.257.386	16.364.459	16.753.231	9,80	2,38
9. Birmània	6.293.129	15.055.885	16.524.336	162,58	9,75
10. Canadà	15.110.000	13.247.904	12.770.461	-15,48	-3,60

Taula 1. Rànquing dels països amb més cens de porcí l'any 2016 i la seva variació respecte els anys 2006 i 2015. *GENCAT, 2017, Informe anual del sector Porcí 2017. Recuperat de* h*ttp://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/ramaderia/sectors-ramaders/porci/informes/anuals)*

A nivell europeu se situa en primera posició per davant de la resta de socis de la Europa dels 27. Sent Espanya el màxim productor de carn de porcí.

	2007	2012	2016	2017	Variació (%) 2007/2017	Variació (%) 2016/2017
Espanya	26.061	25.250	29.232	29.971	15,00	2,53
Alemanya	27.113	28.331	27.376	27.578	1,71	0,74
França	14.969	13.778	12.791	13.097	-12,51	2,39
Dinamarca	13.170	12.281	12.281	12.832	-2,57	4,49
Holanda	11.710	12.104	11.881	12.296	5,00	3,49
Polònia	17.621	11.132	11.107	11.908	-32,42	7,22
Itàlia	9.273	8.662	8.478	8.571	-7,57	1,09
Bèlgica	6.200	6.448	6.177	6.108	-1,49	-1,11
Regne Unit	4.671	4.216	4.538	4.713	0,90	3,86
Romania	6.565	5.234	4.708	4.406	-32,89	-6,41
UE-27	159.569	145.773	146.025	148.879	-6,70	1,95

Taula 2. Evolució de la cabana porcina en els 10 països en producció porcina de la UE-27 durant el període 2007-2017 (miles de caps). *GENCAT, 2017, Informe anual del sector Porcí 2017*. Recuperat de http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/ramaderia/sectors-ramaders/porci/informes/*anuals*

Dins l'àmbit espanyol Catalunya i Aragó lideren les primeres posicions, sent el primer el major productor en l'actualitat. Cal dir, que s'observa una tendència a l'alça de caps de bestiar cap a la zona d'Aragó en contra posició de Catalunya.

	2007	2012	2016	2017	Variació (%) 2007/2017	Variació (%) 2016/2017
Catalunya	6.304.238	6.989.973	7.616.974	7.754.295	23,00	1,80
Aragó	5.116.932	5.778.093	7.047.768	7.762.830	51,71	10,15
Castella i Lleó	3.499.365	3.306.598	3.894.516	4.007.867	14,53	2,91
Andalusia	2.756.377	1.924.024	2.563.274	2.611.682	-5,25	1,89
Regió de Múrcia	1.979.403	1.801.626	1.862.519	1.870.127	-5,52	0,41
Castella-la Manxa	1.850.100	1.479.523	1.670.008	1.624.016	-12,22	-2,75
Extremadura	1.701.430	1.085.237	1.438.088	1.158.190	-31,93	-19,46
Comunitat Valenciana	1.157.233	995.567	1.142.761	1.161.860	0,40	1,67
Galícia	819.435	1.072.376	1.078.554	1.096.911	33,86	1,70
Resta de CA	876.719	728.063	917.176	923.579	5,34	0,70
ESPANYA	26.061.232	25.161.080	29.231.637	29.971.357	15,00	2,53

Taula 3. Anàlisis per comunitats de la sèrie històrica del cens de porcí total a Espanya en el període 2007-2017
GENCAT, 2017, Informe anual del sector Porcí 2017. Recuperat de http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/ramaderia/sectors-ramaders/porci/informes/anuals

Donada la gran importància que representa aquest sector en l'econòmica catalana, es important que el sistema sigui eficient i ens mantingui competitiu dins el mercat global. Això implica una millora continua i sostinguda al llarg del temps.

Per tal d'aplicar noves mesures i saber si són efectives i milloren la eficiència dels processos és tenint dades. Dades de funcionament de totes les parts del procés. Per mitjà d'aquestes podem aplicar noves millores, o implantar correccions per tal de millor i mantenir el rendiment del sistema.

Tenint en ment això, es pretén posar èmfasi en una de les parts que conforme el procés productiu de la carn.

1.2. Objectius

En el present Treball final de Grau (TFG) es pretén aportar noves aplicacions tecnològiques en l'àmbit de la producció de carn de porc.

El procés de producció de carn el podem englobar en 4 grans grups:

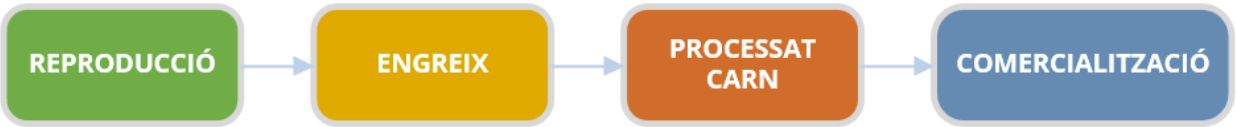


Figura 2. Mostra les diferents fases en que es pot dividir la producció de carn de porc

Dins aquests grans grups, en centrarem concretament en l'engreix. Que es el que compren el procés d'engreix dels porcs, començant per garrins (20 kg) d'un mes fins als porcs adults (110 kg) llestos per entrar a la cadena de processament i comercialització de carn.

Hem de tenir en compte que l'engreix és on el porc consumeix la gran majoria de recursos que necessita al llarg de tot el procés, i que representen un impacte gran el total del cost de producció. Podem distingir diferents factors d'impacte dins aquest procés.

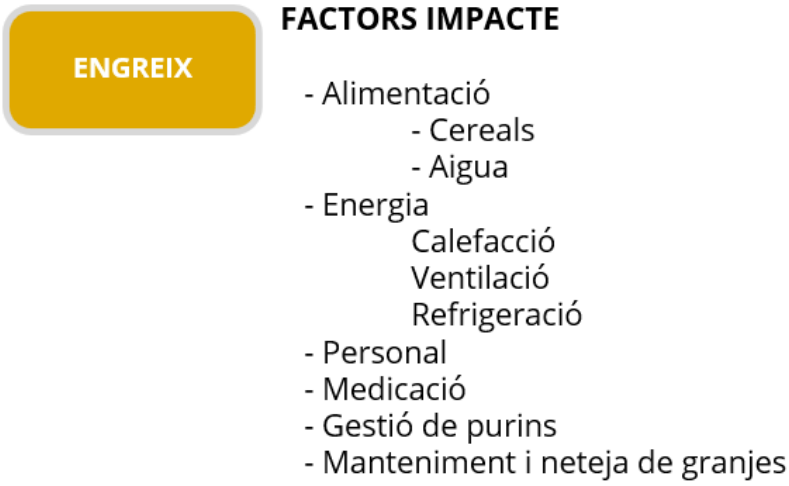


Figura 3. Definició factors d'impacte en l'engreix

Dins de tots aquests factors, ens centrarem concretament amb els que representen la part més gran de la despesa, i que en molts de casos tenen afectació sobre la resta.

FACTOR	OBJECTIU	PERQUÈ?
Alimentació Cereals	Control del consum de cereals "Pinso"	Permet saber l'stock d'aliment en les instalacions, el ratio de consum per cap de bestià. Possibles averies o anomalies en cas de consums accessius
Alimentació Aigua	Control del consum d'aigua	Permet saber el ratio de consum per cap de bestià. Possibles averies o anomalies en cas de consums accessius. El bon funcionament de les instalacions contribueix a la reducció de purins.
Energia elèctrica	Supervisió del correcte funcionament de la instalació elèctrica aixi com del consum	Control del consum elèctric de tota la instalació. El correcte funcionament de les instalacions contribueix a la reducció de costos d'explotació.
Calefacció / Refrigeració	Supervisió del correcte funcionament dels paràmetres de comfort òptim	Millor control de clima, representa una reducció de les malalties dins l'explotació, reducció d'ús de medicaments, estalvi econòmic. Detecció de mals funcionaments.
Ventilació	Supervisió del correcte funcionament dels paràmetres de comfort òptim	Millor control de clima, representa una reducció de les malalties dins l'explotació, reducció d'ús de medicaments, estalvi econòmic. Detecció de mals funcionaments.

Taula 4. Descripció dels factors d'impacte en l'explotació porcina

En conclusió, el que es pretén amb aquest TFG és la creació d'un sistema que ens permeti registra, visualitzar i processar tot aquest seguit de dades per poder avaluar, controlar i millorar aquesta part del procés.

2. TECNOLOGIA

Primer de tot, ens hem de plantejar en quin moment tecnològic ens trobem, per tal de buscar una solució en base a la disponibilitat de sistemes existents.

Actualment, ens trobem en un moment d'un canvi tecnològic disruptiu, que ens esta portant a que molts consideren la 4rta Revolució Industrial. Ja ens van sent familiars conceptes tals com "Internet of things", "BigData", "Cloud Computing" "Industria 4.0"...

- Internet of things (IoT) -> Tot conectat a Internet
- BigData -> Obtenció i enmagatzamatge de dades a gran escala
- Cloud Computing -> Computació i emmagatzematge d'informació a internet en xarxes de servidors connectats a nivell global.
- Industria 4.0 -> Aplicació del IoT i el BigData al sector Industrial

2.1. Internet of things (IoT)

Internet of things, a partir d'ara IoT, consisteix en la connexió de qualsevol dispositiu capaç de captar dades a Internet. Els dispositius connectats permeten la captació de tot tipus de dades (temperatura, humitat, consums, moviment, posició, batecs del cor, velocitat, quantitat de gent....) qualsevol tipus de magnitud física o emocional, i l'enviament d'aquestes cap al "Cloud" és a dir "Internet".

> *"The **Internet of things** (**IoT**) is the extension of Internet connectivity into physical devices and everyday objects. Embedded with electronics, Internet connectivity, and other forms of hardware (such as sensors), these devices can communicate and interact with others over the Internet, and they can be remotely monitored and controlled."*

Internet of things. Recuperat de https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things

2.2. BigData

Tots aquests dispositius generen dades, ja siguin vinculades o aleatories, que són emmagatzamades de forma "local" o remota "cloud Computing", per posteriorment ser processades, i extreuren d'elles, patrons, tendències, ratios, models predictius…….

"Big data" *is a field that treats ways to analyze, systematically extract information from, or otherwise deal with data sets that are too large or complex to be dealt with by traditional data-processing application software. Data with many cases (rows) offer greater statistical power, while data with higher complexity (more attributes or columns) may lead to a higher false discovery rate.*[2] *Big data challenges include capturing data, data storage, data analysis, search, sharing, transfer, visualization, querying, updating, information privacy and data source.*

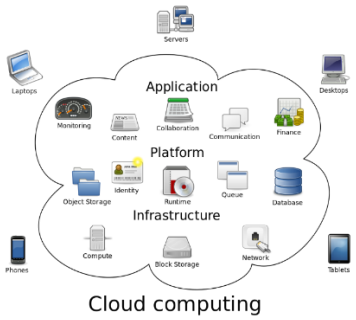
Big data. Recuperat de https://en.wikipedia.org/wiki/Big_data

2.3. Cloud Computing

"Cloud computing *is the on demand availability of computer system resources, especially data storage and computing power, without direct active management by the user. The term is generally used to describe data centers available to many users over the Internet. Large clouds, predominant today, often have functions distributed over multiple locations from central servers. If the connection to the user is relatively close, it may be designated an edge server.*

Clouds may be limited to a single organization (enterprise clouds,) be available to many organizations (public cloud,) or a combination of both (hybrid cloud.) The largest public cloud is Amazon AWS.

Cloud computing relies on sharing of resources to achieve coherence and [economies of scale](). "



Cloud Computing. Recuperat de https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#Early_history

2.4. Industria 4.0

Es la integració dels conceptes IoT, BigData, Cloud Computing... dins el procés pròpiament industrial, que fins fa relativament poc, no anava més enllà del propi funcionament "Local" de la màquina o procés en qüestió.

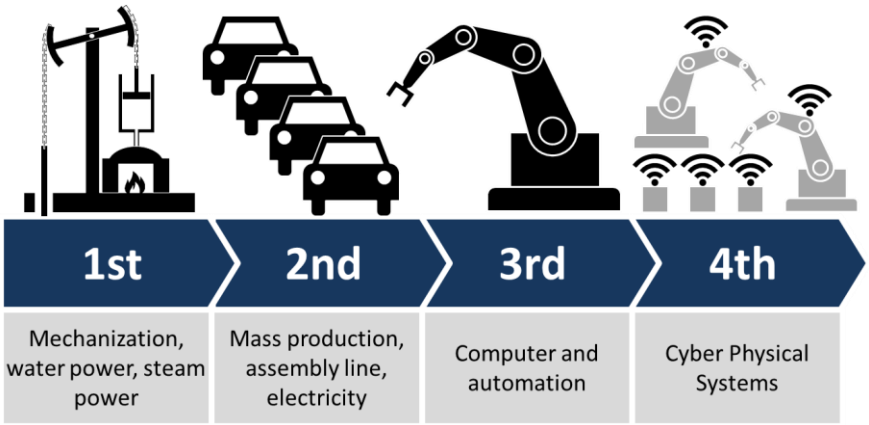


Figura 4. Representació de les diferents evolucions industrials. *Recuperat de https://es.wikipedia.org/wiki/Industria_4.0*

2.5. Protocols de transmissió de dades

Tot això obre una nova problemàtica, com fer que aquests elements IoT enviïn la informació obtinguda al Cloud sense necessitat de grans infraestructures i capacitats de connexió. D'aquí sorgeixen diferents solucions i sistemes de captació de dades.

Sigfox.

https://www.sigfox.com/en

L – LoraWAN.

https://lora-alliance.org/

NB-IoT.

https://accent-systems.com/es/nb-iot/

Propietats comunes dels sistemes de transmissió de dades per a dispositius IoT.

- Molt baix consum d'energia
  - Els sensors poden estar en localitzacions remotes, amb poca o nul·la disponibilitat d'energia elèctrica

- Capacitat de transmissió de dades molt reduïda.
  - Els sensors han d'enviar quantitats de dades molt petites (un estat binari, una temperatura, un valor Real…. una missatge de pocs caràcters)

- Grans distàncies de transmissió. Del ordre de >10km. Això permet cobrir grans distàncies amb infraestructures molt petites.

3. REQUISITS DEL SISTEMA

Per tal de dissenyar el sistema més adequat per la nostre aplicació hem de tenir clar que és el que realment volem controlar/monitoritzar. Com hem vist en l'apartat "1.3. Objectius" ens centrarem a obtenir dades de granges d'engreix de porcí. Un mateix propietari pot tenir desenes de granges repartides al llarg del territori, per tant, hem de plantejar un sistema escalable que ens permeti aplicar-ho tant a petites com a grans explotacions / propietats.

Hi ha un seguit de paràmetres clau que ens ajuden a determinar les necessitats del sistema que hem de dissenyar.

- **Abast.** Quin seria l'àmbit, capacitat i extensió de l'aplicació.
- **Font d'energia.** Fonts d'energia disponibles amb la qual haurem d'alimentar els nostres dispositiu.
- **Dades a captar.** Quantitat i tipus de dades a captar.
- **Disponibilitat d'accés a Internet.** Per tal de pujar tota aquesta informació cap al núvol.
- **Visualització de dades.** Com tindrem accés a les dades obtingudes pel sistema.

A continuació es mostra de forma conceptual la idea de l'estructura del sistema que volem crear.

- **Conjunt Propietat:** Totes les finques que formen part de l'explotació.
  - **Finca:** Part de territori que engloba 1 o un conjunt de granges.
    - **Granja:** Nau, cobert individual dins la finca on s'engreixen un lot de porcs.
      - **Node:** Punt de transmissió de la informació captada cap al punt de concentració Gateway.
- **Gateway:** Punt on es reben totes les senyals procedents de les diferents granges. Aquest pot estar dins una de les finques o en una localització externa a elles, per

exemple les oficines centrals, en cas d'explotacions grans, o a la casa del propietari, en cas d'explotacions petites. L'únic que ha de complir:

- **Punt accés a internet:** Per tal de pujar totes les dades al "Cloud".
- **Rang:** Ha d'estar dins del rang de cobertura de tots els dispositius. En cas necessari es pot disposar de més d'un gateway.

- **Cloud:** És on es guardarà la informació captada pels dispositius.
- **UI Accés Usuari:** Interfície que permet al usuari accedir a la informació captada pels dispositius.

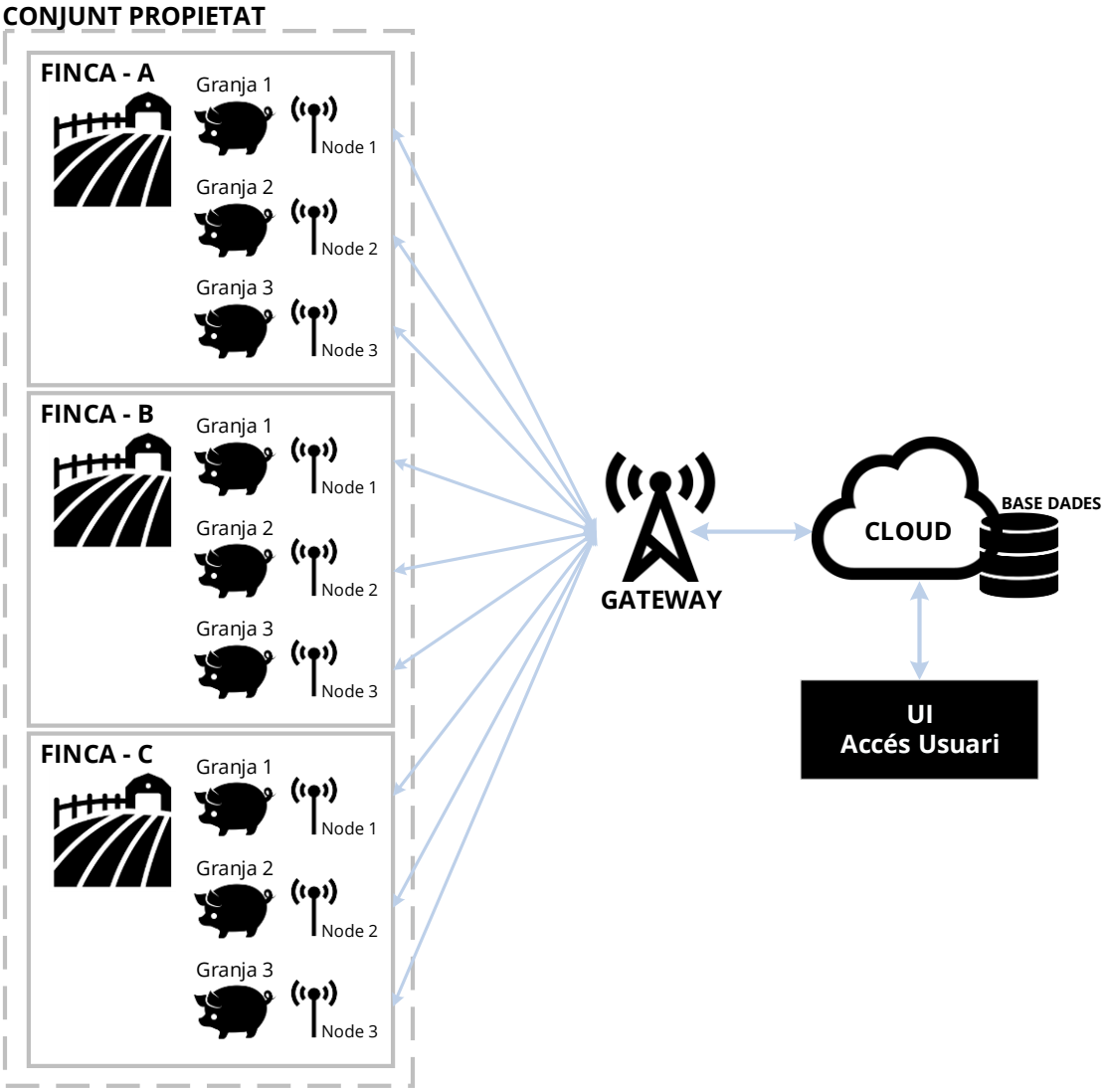


Figura 5. Concepte de infraestructura del sistema

3.1. Abast

Com ja hem comentat, el sistema que es pretén dissenyar va orientat a l'obtenció de dades de funcionament de diferents granges distribuïdes arreu del territori. Amb aquesta premissa, necessitem un sistema que ens permeti monitoritzar des d'una sola granja fins a centenars d'elles. Un únic productor, pot tenir diferents granges repetides arreu del territori.

3.2. Font d'energia

Entenen que es tracta de granges d'engreix de porcs, es dona per fet que tenim accés a una font d'energia elèctrica, bé sigui a través de la xarxa elèctrica convencional, de fonts d'energia renovables "plaques solars" o altres dispositius que permetin disposar d'energia elèctrica en la granja a monitoritzar.

3.3. Dades a captar

Un dels punts importants a tenir en compte, són la quantitat de dades a enviar des de cadascuna de les granges dins una finca. Per tal de determinar la quantitat de informació (bytes) a transmetre hem d'especificar els paràmetres que volem registrar.

A continuació, enumerem els paràmetres que volem registrar

1. **Potència Elèctrica instantània (kW):** Registra de la potència instantània consumida pel sistema.

   Utilitat: Permet determinar si el consum està dins els límits de correcte funcionament de la instal·lació.

2. **Potència Elèctrica Consumida (kWh):** Registra de l'energia elèctrica consumida pel sistema.

   Utilitat: Permet saber el consum total de la granja al transcurs del engreix. Permet establir un rati de cost o de consum per cap de bestia.

3. **Tensió Elèctrica (V):** Registra de la tensió elèctrica de la xarxa per les 3 fases.

   Utilitat: Permet detectar anomalies en la línia de transport d'energia elèctrica.

4. **Intensitat Elèctrica (A):** Registra de la intensitat elèctrica de la xarxa per les 3 fases.

   Utilitat: Permet detectar sobrecarregues a la línia, desequilibri de fases...

5. **Temperatura (ºC) / Humitat (%) Interior:** Registra de la temperatura i la humitat del interior de la granja.

   Utilitat: Permet controlar que els valors estiguin dins dels paràmetres de confort. Detecció d'anomalies de funcionament del sistema de control de clima.

6. **Temperatura(ºC) / Humitat (%) Exterior:** Registra de la temperatura i la humitat del exterior de la granja.

   Utilitat: Permet disposa d'informació climatològica que ens servirà per relacionar paràmetres de funcionament. Si fa més calor, segurament tindrem un augment del consum d'aigua i del consum elèctric dels sistemes de ventilació.

7. **CO_2:** Registre dels nivells de CO_2 dins de la granja.

   Utilitat: Permet determinar el correcte funcionament del sistema de ventilació. Com tot esser viu, els porcs inspiren Oxigen i exhalant Diòxid de carboni. Es vital mantenir els nivells de CO_2 baixos ja que els nivells alts afecten el correcte funcionament del metabolisme. Alts nivells poden provocar la mort dels animals.

8. **Nivell Sitja Pinso (%) o Pes Sitja Pinso (kg):** Registra de contingut de pinso de la sitja, bé sigui per mesura de nivell de producte o per pes de producte.

   Utilitat: Permet determinar la rati de consum per cap de bestia així com detectar anomalies de funcionament, detectant possibles fugues. Per altre banda ens permet crear avisos de falta d'aliment, o necessitat de re emplenar el silo.

9. **Pressió Aigua (bar):** Registra de pressió d'aigua en la línia.

   Utilitat: Ens permet controlar la disponibilitat d'aigua en la instal·lació.

10. **Consum Aigua instantani (litres/h):** Registra del consum d'aigua instantani de la granja.

    Utilitat: Ens permet detectar possibles fugues d'aigua o consums excessius.

11. **Consum Aigua acumulat (m3):** Registra del consum d'aigua acumulat de la granja.

    Utilitat: Ens permet tenir un històric de consums i relacionar el consum d'aigua per cap de bestia.

Totes aquestes dades es poden representar per mitjà d'un nombre REAL. A nivell informàtic un nombre REAL o FLOAT típicament es representa amb un valor de 4 bytes, és a dir, necessitem enviar 4 bytes d'informació per cadascun dels registres que volem controlar. Com es pot veure en la taula adjunta, això representarà un total de 72 Bytes d'informació per cadascuna de les granges.

Cal tenir en compte que aquestes dades no les necessitarem de forma continua. Caldrà avaluar quin període de registre necessitem per cadascuna d'elles, per tal de minimitzar la quantitat d'informació a transmetre.

MEDICIÓ	UNITATS	RANG	RESOLUCIÓ	DADES (Bytes)
Potencia Elèctrica instantania	kW	[0 a 100]	0.00	4
Potencia Elèctrica Consumida diari	kWh	[0 a 10.000]	0	4
Tensió L1 - L2	V	[0 a 450]	0	4
Tensió L2 - L3	V	[0 a 450]	0	4
Tensió L1 - L3	V	[0 a 450]	0	4
Intensitat L1	A	[0 a 100]	0.0	4
Intensitat L2	A	[0 a 1.000]	0.0	4
Intensitat L3	A	[0 a 1.000]	0.0	4
Temperatura Interior Granja	ºC	[-15 a 70]	0.0	4
Humitat Interior Granja	%	[0 a 100]	0	4
Temperatura Exterior Granja	ºC	[-15 a 70]	0.0	4
Humitat Exterior Granja	%	[0 a 100]	0	4
CO2	ppm	[0 a 5000]	0	4
Nivell Sitja Pinso	%	[0 a 100]	0	4
Pes Sitja Pinso	kg	[0 a 100.000]	0	4
Pressió Aigua	bar	[0 a 10]	0.0	4
Consum Aigua instantania	litres/h	[0 a 100.000]	0	4
Consum Aigua Acumulat diari	m3	[0 a 10.000]	0	4
			Bytes TOTALS	**72**

Taula 5. Llistat de paràmetres a registra per cadascuna de les granges que formen part d'una finca

3.4. Accés a Internet

Tot i que cada cop és més normal que es disposi de connexió a internet en les finques rurals, no es tant usual que es disposi d'un punt de connexió a cadascuna de les granges. Les granges es poden trobar disseminades dins una mateixa finca. Per tant, necessitem un sistema que ens permeti enviar informació via radio a distancies relativament llargues 4-5 km. D'aquesta manera només necessitem que un dels punts tingui accés a internet, per tal de pujar tota la informació cap al "Cloud".

Com hem vist abans cadascuna de les granges ens aportarà 72Bytes d'informació a cada transmissió. Aquesta emissió de dades serà cada cert temps, cada 5-10-15 minuts. Si suposem una finca/explotació amb 100 granges, per exemple, estaríem parlant d'un total de 72 Bytes x 100 granges = 7200 Bytes -> 7,2kBytes totals. Considerant que l'estàndard de connexió a internet de que es disposa actualment és de 100 MBits, és a dir, 1x10^8 Bits, no ens representarà un factor limitat per la pujada d'informació del sistema.

3.5. Visualització i anàlisis de dades

Totes aquestes dades estaran emmagatzemades en una base de dades remota al "Cloud". L'usuari a de poder visualitzar de forma senzilla totes les dades que s'han recopilat de les seves instal·lacions, així com poder-ne fer l'explotació per un modelatge predictiu o altres usos, com comparació de costos de producció, comparació de consums per diferents lots d'animals o diferents paràmetres...

3.6. Requisits addicionals

Per altre banda, és important tenir en compte altres aspectes relacionats amb el disseny del sistema.

- **Fiabilitat:** Hem de dissenyar un sistema que sigui robust i fiable. Per garantir que una anomalia tingui repercussions directes amb el correcte funcionament de la instal·lació.
- **Cost:** Ha de tenir un cost reduït que faixi viable la implantació de la solució en qualsevol del casos.

- **Open Source:** En la mesura del possible, ens hem de basar amb aplicacions i dispositius open source, que no ens impliqui sobre costos o limitacions de funcionament.
- **Manteniment**: És important que els dispositius utilitzar siguin fàcilment substituïbles en cas d'averies. Això fa que en alguns dels casos ens haguem de plantejar l'ús d'elements Standard, disponibles al mercat.

4. PROPOSTA DE SOLUCIÓ

A continuació, es planteja la solució que es planteja per l'aplicació que es pretén portar a terme en aquest projecte. Es defineix la solució global i es s'exposa el perquè de la solució adoptada en cadascun dels casos.

4.1. Estructura de la solució

A continuació es planteja l'estructura global de la solució, partint de tots els requisits que s'han exposat en els apartats anterior.

La nostra proposta de solució es desglossa a diferents conjunts:

- Adquisició de dades
- Transmissió de dades
- Registre de dades al "Cloud"
- Accés remot a les dades

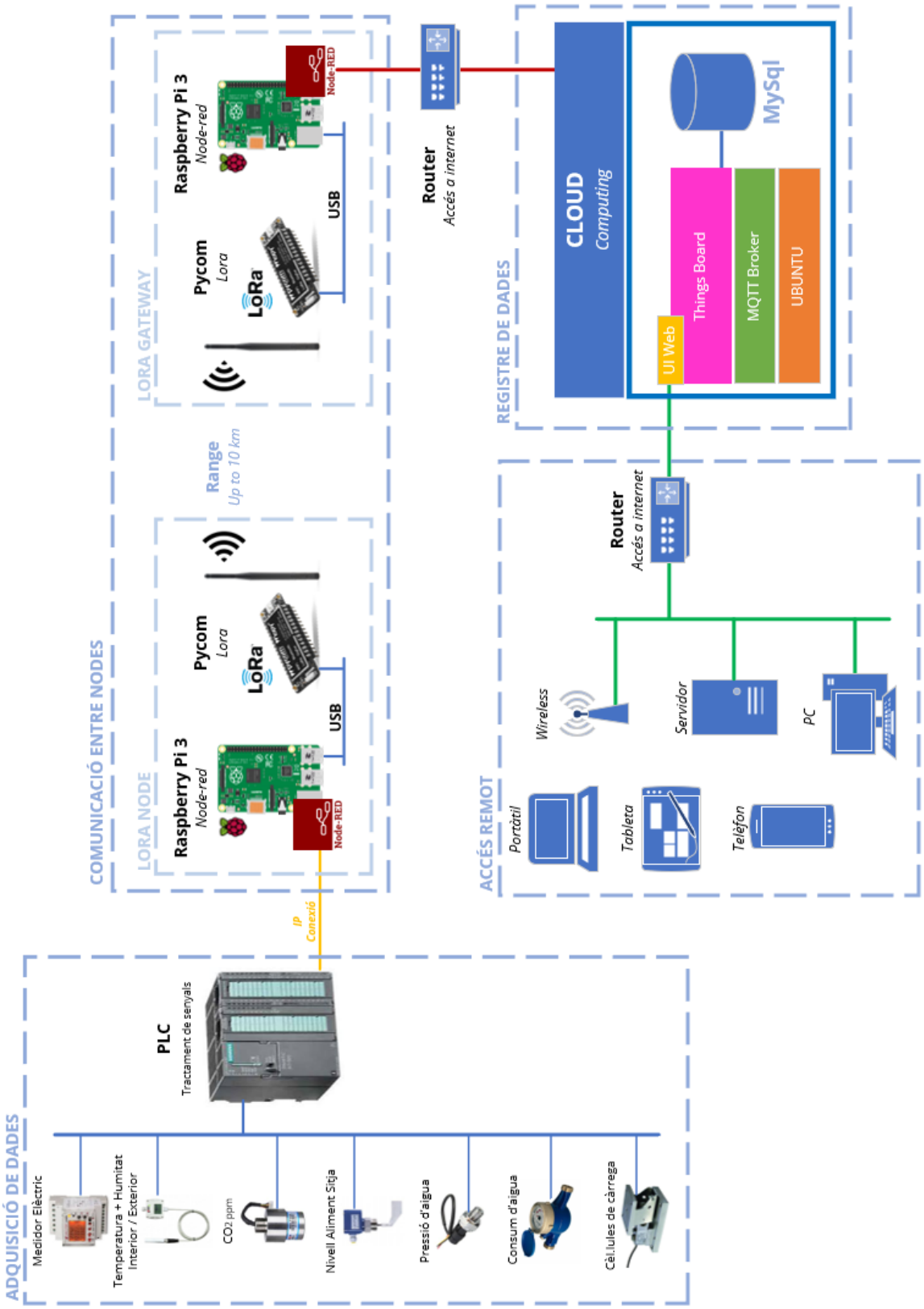


Figura 6. Esquema de la proposta de solució

4.2. Adquisició de dades

En la part inicial del sistema, necessitem captar les dades de la instal·lació que hauran de ser transmeses cap al nostre sistema.

Al tractar-se de sensors de magnituds físiques estàndard (Temperatures, humitat, valor analògics, valor binaris...), es proposa l'ús de sistemes pròpiament industrials que ens permetin adquirir aquestes dades.

Hem de distingir entre dos processos diferents:

- Captació de les magnituds físiques (Sensors de camp)
- Processament i condicionament de les senyals dels sensors

4.2.1. Captació de les magnituds físiques

Aquests són els dispositius que ens permeten captar les diferents magnituds. Ens proporcionen una senyal elèctrica (ON/OFF, 0-10V, 4-20mA...) que guarda una relació directa amb la magnitud que mesura. Aquests elements han de complir un seguit de requeriments en funció de l'ambient al que estan destinats. En el cas de la nostra aplicació han de complir 2 condicions:

- **Resistents a la corrosió.** Dins una granja, l'ambient és altament corrosiu degut a l'alta concentració d'amoníac derivat de les ejeccions dels animals.
- **Resistents a la projecció d'aigua.** Han de ser resistents al impacte de l'aigua, ja sigui de la pluja, del ambient, de les neteges de les instal·lacions.

La manera de garantir tots aquests requisits és la de utilitzar dispositius comercials estandarditzats que ens permetin validar la idoneïtat per l'aplicació de cadascun dels elements. El fet de optar per l'ús de sensors estàndards ens aporta certs avantatges i inconvenient.

Avantatges

- Prestacions certificades
- Gran varietat de configuracions
- Senyals de mesura estandarditzades (0..10V, 4..20mA, Pt100, PtC..)
- Disponibilitat de recanvis a llarg plaç i opcions alternatives

Inconvenients

- No solen ser dispositius econòmics en el cas d'ambients corrosius
- Limitats a les solucions disponibles al mercat.

Figura 7. Elements de camp per captació de mesures físiques

4.2.2. Processament de senyal dels sensors

Un cop disposem dels elements de camp que capten les magnituds físiques i les transformen en senyals elèctriques, ens fa falta el dispositiu que sigui capaç de interpretar-les, filtrar-les i condicionar-les a valors fàcilment interpretables pels usuaris finals.

Per exemple, un sensor de temperatura ens donarà un valor de mesura de 4-20mA en relació a un rang de temperatura definit -20 a 100ºC. El dispositiu ens proporcionarà el valor en (ºC) de la senyal que estiguem reben (9.46mA -> 21ºC).

Com en el cas dels sensors, la opció per la que s'ha optat és la d'utilitzar elements estàndards. En aquest cas un PLC (Controlador Lògic Programable). Aquest element és utilitzat en totes les industries per fer el control dels diferents processos. Són equips expressament dissenyats pel treball amb sensors estandarditzats.

Avantatges

- Fiabilitat. Estan concebuts per funcionar en ambients industrials.
- Disponibilitat. Són equips amb una llarga vida útil a nivell de disponibilitat de recanvis.
- Econòmics. Des de fa un temps, tots els fabricants disposen d'equips "Compactes" i econòmics per petites aplicacions de control.
- Preparats per interpretar i condicionar senyals provinents dels sensors de camp.

Inconvenients

- Cada fabricant té una manera especifica d'organitzar i accedir a la informació dins el dispositiu, cosa que fa que no siguin directament compatibles equips de diferents marques.

Figura 8. PLC pel condicionament del senyal

IMPORTANT: *Donat que es tracta de sistemes usats en instal·lacions industrials, en cas de que la granja, objecte de ser monitoritzada, disposes de dispositius que ja fan en control o poden visualitzar totes aquestes variables no caldria plantejar-se la instal·lació dels diferents elements. Es podria integrar directament el dispositiu a la nostra instal·lació com es detalla més endavant.*

4.3. Transmissió de dades

Un cop ja disposem de les senyals condicionades, escalades a valors de magnituds estàndards hem de procedir a enviar les cap al punt de captació. Dins aquest procés distingirem 3 punts.

- Recollida de dades del PLC
- Enviament de dades
- Recepció de dades

4.3.1. Recollida de dades del PLC

Com hem vist en l'apartat anterior, totes les mesures de la instal·lació estaran guardades en la memòria interna del PLC que estigui fent el condicionament de les senyals dels sensors. Depenen del fabricant del PLC tindrem diferents formes d'accedir. Per exemple:

PLC Siemens – Organitza els valor llegits en Blocs anomenats DB on té disponibles totes les mesures.

PLC Schneider – Organitzen els valors per àrees de memòria dins la pròpia estructura hardware del PLC.

PLC RockWell – Organitza els valors per noms "Tag Name" definits en el propi programa del controlador.

Aquesta gran varietat d'accessos a la lectura dels valors, fa necessari plantejar-se una solució que permeti integrar qualsevol tipus de dispositiu. Això ens aporta una sèrie d'avantatges:

Avantatges

- Flexibilitat. Ens permetrà integrar qualsevol dispositiu
- Costos. Podem decidir quin dispositiu ens interessa utilitzar en cada cas, ja sigui per motius econòmics, per requeriments tècnics, per exigències del propi client....

La opció que considerem que compleix els requeriment, seria la de utilitzar el software **"Node-RED".** Es tracta d'un software OpenSource basat en la programació visual especialment dissenyat per la integració de diferents hardware i l'ús en aplicacions de IoT.

Figura 9. Logotip Node-RED. Extret de https://nodered.org/

"Node-RED is a programming tool for wiring together hardware devices, APIs and online services in new and interesting ways.

It provides a browser-based editor that makes it easy to wire together flows using the wide range of nodes in the palette that can be deployed to its runtime in a single-click."

Node-Red 2019. Recuperat de https:\\nodered.org

Aquest software esta disponible de forma gratuïta i pot ser desplegat sobre qualsevol plataforma.

- Windows
- MAC OS
- Raspbian (Raspberry Pi OS)
- Linux

Dins d'aquest software trobem ja nodes de programació que permeten accedir directament a les memòries dels propis PLC a través de la connexió IP directa amb l'equip.

PLC Siemens

https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-s7comm

PLC Schneider

https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-modbustcp

PLC Rockwell

https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-cip-ethernet-ip

Donat la necessitat de disposar d'un sistema cost/efectivitat òptim, optem per instal·lar **Node-RED** directament a un microPC **Raspberry Pi 3.**

RaspBerry Pi 3

Es tracta d'un microPC de cost molt reduït que permet executar aplicacions amb poques necessitats de recursos.

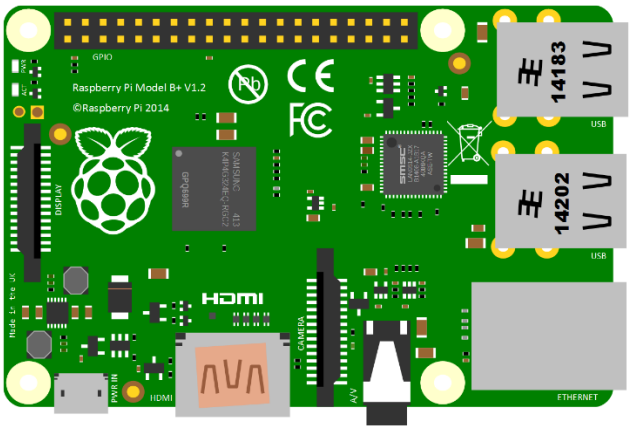


Figura 10. Il·lustració RaspBerry Pi 3 b+. *Recuperat de https://www.raspberrypi.org/*

Característiques tècniques:

- Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
- 1GB LPDDR2 SDRAM
- 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE
- Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps)
- Extended 40-pin GPIO header
- Full-size HDMI
- 4 USB 2.0 ports
- CSI camera port for connecting a Raspberry Pi camera
- DSI display port for connecting a Raspberry Pi touchscreen display
- 4-pole stereo output and composite video port
- Micro SD port for loading your operating system and storing data
- 5V/2.5A DC power input
- Power-over-Ethernet (PoE) support (requires separate PoE HAT)

Aquests elements PLC – Raspberry Pi 3 (Node-RED) comunicaran entre ells a través de la connexió IP disponible en els dos elements.

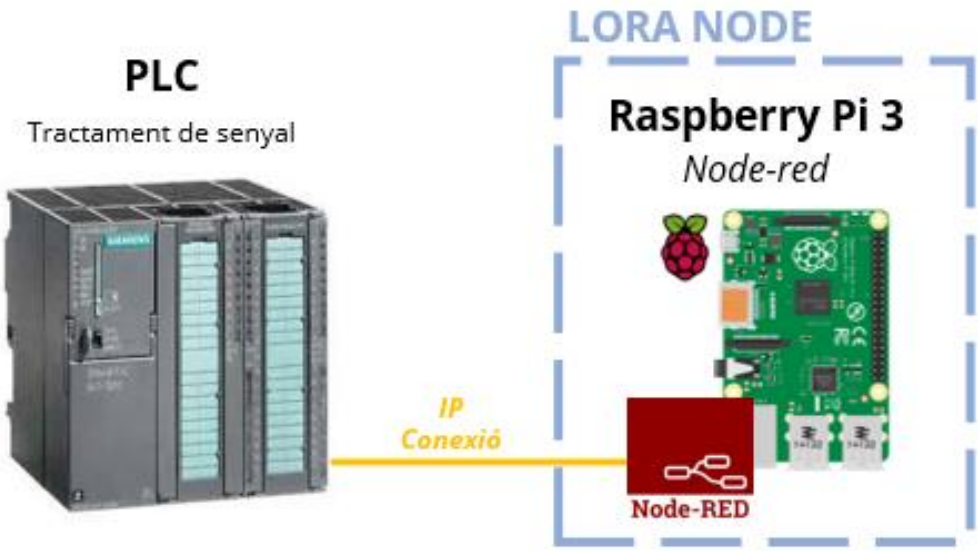


Figura 11. Esquema de comunicació entre PLC i RaspBerry Pi 3 (Node-RED)

La comunicació entre els dos elements IP es basa en el *protocol TCP/IP* sobre una xarxa local cablejada tipus Ethernet. Tant el PLC com la Raspberry pi son capaços de compartir informació a través d'aquest protocol "TCP/IP". A continuació es detallant algunes particularitats concretes d'aquesta comunicació.

Protocol TCP/IP

El protocol TCP/IP sobre ethernet, es basa en el model de capes OSI (Open System Interconnection). El model OSI és una model d'arquitectura de comunicació de xarxes. Es basa en una estructura de 7 capes.

Capa física: És la capa mes baixa de l'estructura OSI. És la que s'ocupa de la connexió física entre els elements

Capa d'enllaç de dades: És la capa que s'ocupa del direccionalment físic, del accés al medi, de la detecció d'errors de la distribució ordenada de les trames i el control de flux.

Capa de xarxa: S'encarrega d'identificar el camí entre una o més xarxes.

Capa de transport: És l'encarregada de transportar les dades del punt d'origen al punt de destí, independentment del medi físic.

Capa de sessió: És la que s'encarrega de mantenir i controlar els enllaços establerts entre origen i destí.

Capa de presentació: És la que s'encarrega que les dades siguin reconegudes tant per emissor com per receptor.

Capa d'aplicació: Ofereix a les aplicacions la possibilitat d'accedir als serveis de les altres capes i defineix els protocols que s'estan utilitzant.

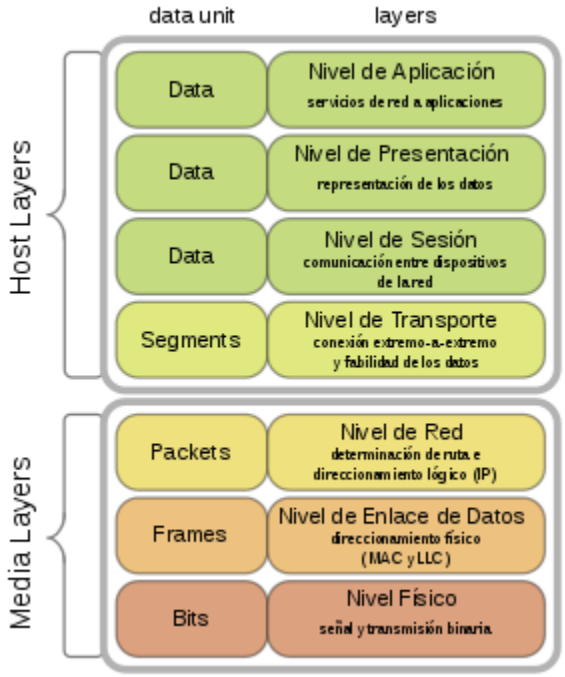


Figura 12. Capes de l'estructura OSI

En base a aquesta estructura, es crea el telegrama que es transmet entre dispositius que conte la informació a compartir. En la imatge següent es mostra l'estructura d'un telegrama sobre ethernet.

	Ethernet Frame											
InterFrame Gap 12 Byte	Pre-amble 7 Byte	Sync 1 Byte	MAC 6 Byte	MAC 6 Byte	VLAN 2 Byte	Ether-type 2 Byte	Frame ID 2 Byte	Data 40*...1440 Bytes	Cycle Counter 2 Byte	Data-Status 1 Byte	Trans Status 1 Byte	FCS 4 Byte

En el cas dels PLC, els protocols de comunicació es basen en aquest mateix estàndard però amb algunes modificacions per complir els requeriments que precisa la seva aplicació. El protocol TCP/IP esta pensat per moure grans quantitats de dades, del ordre de Mbits, Gbits... En el cas dels PLC, la majoria de vegades les dades a transmetre són relativament petites (del ordre de kbits). Això fa que els fabricants faigin adaptacions dels telegrames TCP/IP sobre ethernet, per tal de millorar els temps de transmissió de dades entre equips, que en aplicacions industrials poden arribar a ser crítiques.

Per exemple, en el cas que es presenta més endavant, és fa la comunicació amb un PLC Siemens. Aquests utilitzen una modificació de la comunicació TCP/IP sobre Ethernet anomenada **PROFINET.** Dins d'aquest model podem trobar 3 tipus de comunicació:

PROFINET NRT (Network Real-Time): És la comunicació del PLC amb sistemes que no requereixen un dades en temps real de procés. Seria el cas d'aplicacions SCADA, sistemes de supervisió superior, aplicacions de tercers... *Aquest seria el protocol s'utilitza entre la nostre comunicació.*

PROFINET RT (Real-Time): És la comunicació en temps real que utitlitza el PLC per comunicar amb les perifèries d'entrada i sortida. Permet la comunicació entre equips en intervals entre 1 a 10ms. No és un sistema determinista. És a dir el temps de comunicació pot variar.

PROFINET IRT (Isochronous Real Time): És la comunicació en temps real determinística que permet disposa d'informació en temps real en intervals de temps continus, poden arribar a cicles inferiors al 1 ms. Aquest protocol només s'utilitza per aplicacions de control de moviments o de velocitats de resposta molt altes.

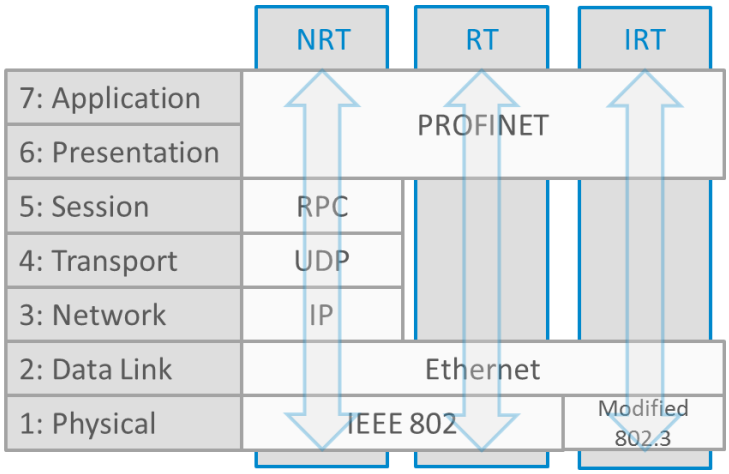


Figura 14. Protocols de comunicació de Siemens PROFINET

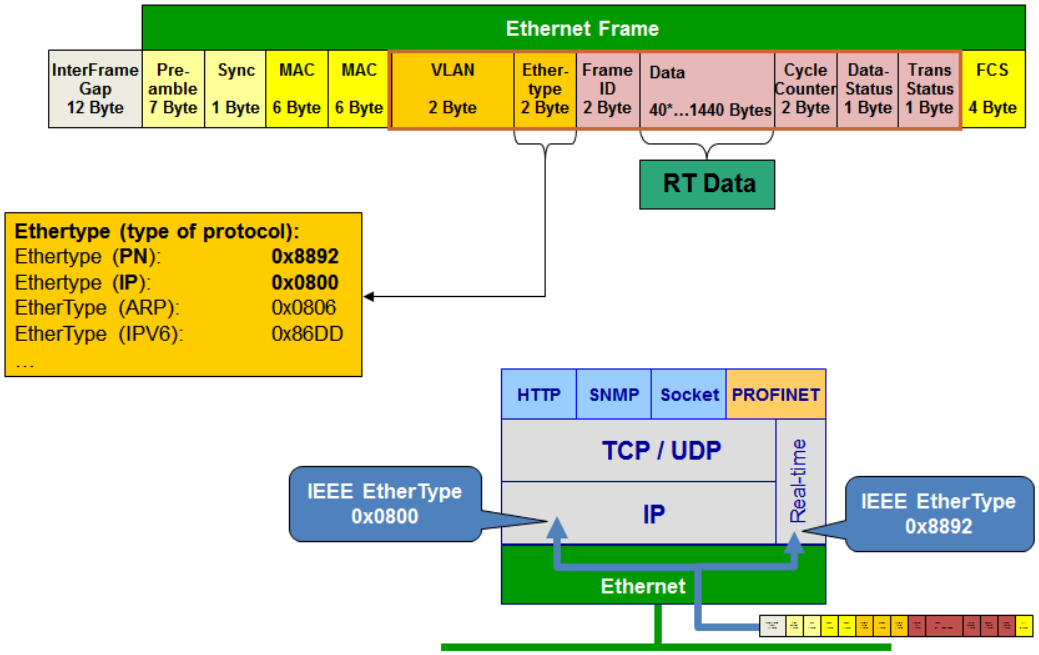


Figura 15. Estructura de comunicació TCP/IP sobre Ethernet. PROFINET

4.3.2. Enviament de dades / Recepció de dades

Un cop captades les dades de la memòria del PLC hem de passar a la transmissió d'aquestes des del punt de captació cap al punt de recepció per ser enviades cap al Cloud.

Com hem vist al inici, existeixen diferents tipus de sistema de transmissió a llarga distancia especifiques per dispositius IoT. Pel nostre projecte ens hem decantat per l'ús del la tecnologia LORA, ja que compleix els requisits necessaris:

- Compleix la distancia de comunicació necessària
- Es tracta d'un protocol en banda lliure (no cal pagar llicencies per l'ús del espai radioelèctric)
- Facilitat d'ús. Existeix multitud d'informació a la xarxa per desenvolupar aplicacions i treballar amb aquest protocol
- Disponibles plataformes Públiques per la integració de dispositius en el CLOUD (LORAWAN). Sense necessitat de crear una infraestructura de captació. Per exemple TTNhttps://www.thethingsnetwork.org/
- Existeixen multitud de dispositius amb comunicació LORAWAN que ens permetrien integrar noves funcionalitats dins el nostre sistema.

LoraWAN

El LoraWan és un protocol de control d'accés al medi (MAC). Tenint com a referencia el model OSI, LoraWan utilitzaria la capa 2 (enllaç de dades) i 3 (Xarxa). Aquest protocol, utilitza la modulació LORA per la transmissió de dades.

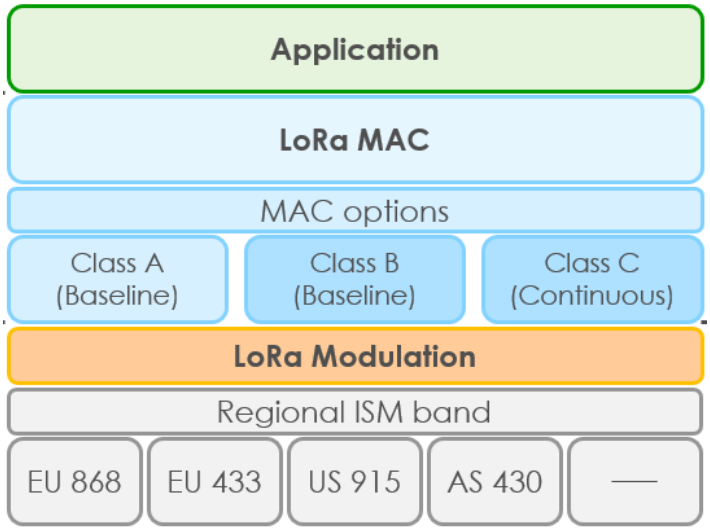


Figura 16. Estructura del protocol LoraWAN

LoraWan opera en freqüències de banda lliure, és a dir, no es necessita llicencia per transmetre o rebre missatges, cosa que representa un avantatge gran respecte a altres sistemes on es requereix llicencia. El fet de operar en bandes lliures fa que en funció del país on s'utilitzi les senyals es transmetin en espectres diferents. Això és degut a que en cada país hi ha una legislació i una ocupació del espectre radioelèctric diferent.

Europa

L'espectre de freqüència en el cas del territori Europeu és de 863-870Mhz. A més a més, en el cas Europeu, es limita el temps de ocupació del canal (Duty-Cycle). Aquest ha de tenir un valor inferior al 1% o inclús del 0,1%. Això significa per exemple, que per un període de 1 hora (3600s) només podem estar reben i/o transmeten informació del ordre de 36s a 3,6 s. Aquest punt, fa que les aplicacions hagin d'estar optimitzades per transmetre la mínima quantitat d'informació.

Estats Units

En el cas americà, LoraWan opera entre 902-928 MHz. A diferencia d'Europa, es disposa d'un canal exclusiu de missatge de pujada (dispositiu a servidor) i un canal exclusiu de missatges de baixada (Servidor a dispositiu).

Austràlia

El cas Australià és com el cas d'Estats Units però en les freqüències 915-928MHz.

China

Disposa de la banda 779-787 MHz amb un ús similar al Europeu. Per altre banda disposen de la banda 470-510 MHz que funciona de forma similar al sistema Americà. En algunes regions de la Xina, alguna part del espectre esta restringida ja que l'utilitza l'empresa de producció d'energia Estatal.

LoraWan per altre banda, utilitza la modulació LORA per transmetre la informació dins l'espectre radioelèctric definit per cada regió (Capa física). La modulació LORA és basa en la modulació d'espectre extès, que utilitza la tècnica chirp, que consisteix en modula el

missatge per mitjà d'una senyal que varia contínuament en freqüència. Lora varia la freqüència de la ona portadora forma continua i lineal.

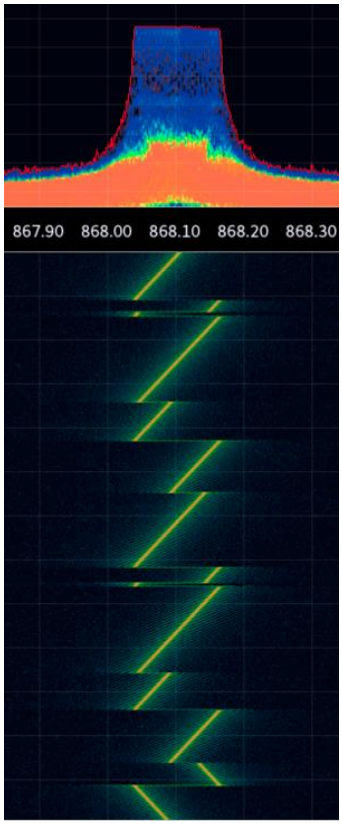


Figura 17. Canvi de freqüència durant la transmissió

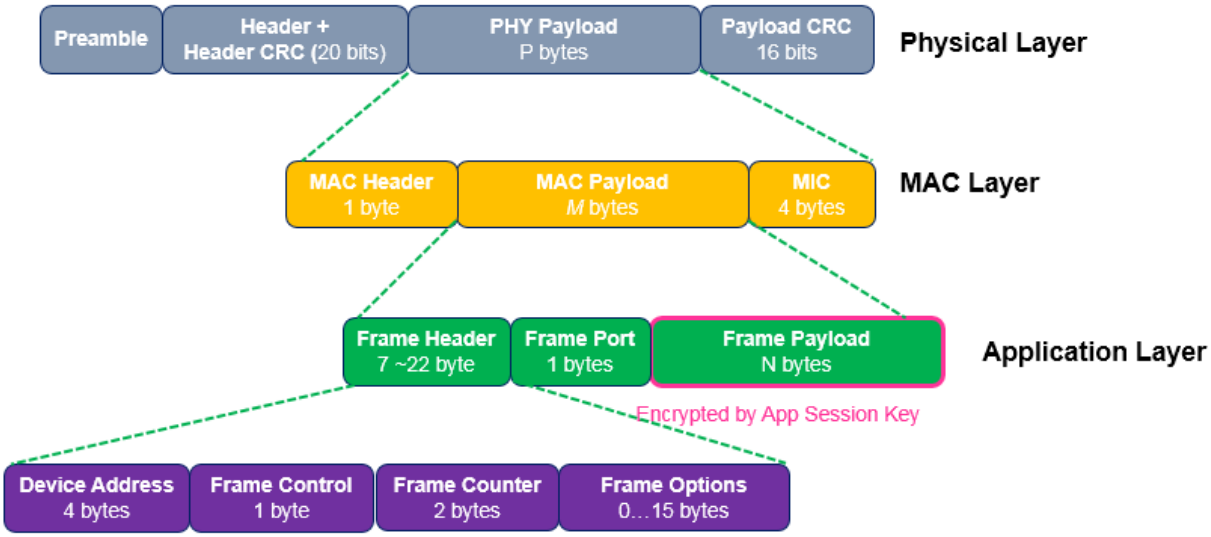


Figura 18. Diagrama de dades en modulació LORA per LORAWAN

Totes aquestes característiques, fan del protocol LORAWAN un protocol ideal per Iot, i en conseqüència, un protocol que ens és favorable per la nostra aplicació, sobretot tenint en compte la NO necessitat de llicencies d'ús del espectre radioelèctric, així com l'abast (<13 km) a camp obert.

Definit el protocol de comunicació que utilitzarem per la transmissió de les dades, ens fa falta disposa d'un Shield que ens permeti utilitzar aquest protocol.

Utilitzarem el mòdul **Lopy4+Pysense** de l'empresa **PyCOM,** aquest mòdul incorpora la comunicació LORA en el propi Shield, així com altres protocols com són Wifi, Bluethoot i Sigfox.

Figura 19. Mòdul Lopy4 sobre base de comunicació Pysense. *Pycom 2019. Recuperat de https://pycom.io/product/lopy4/*

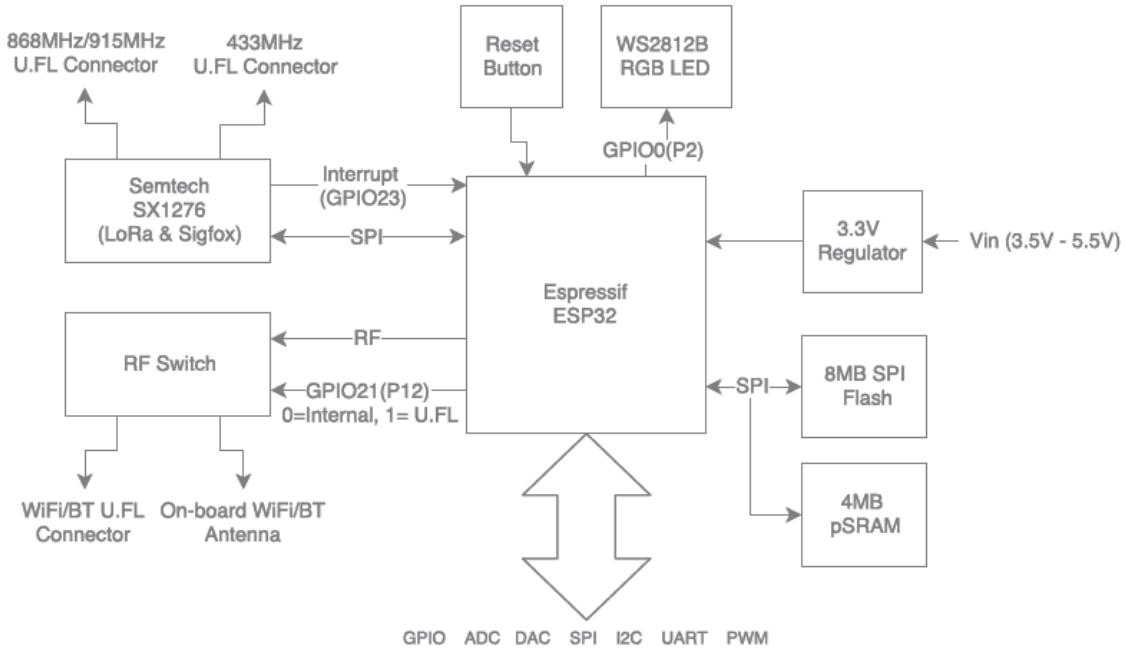


Figura 20. Diagrama d'estructura del Lopy4. *Pycom 2019. Recuperat de https://pycom.io/product/lopy4/*

Lopy4 es tracta d'un dispositiu que permet la comunicació **LORA/LORAWAN** així com altres protocols. El mòdul es programa en llenguatge d'alt nivell **MicroPython** (versió reduïda de Python). Permet la comunicació via port sèrie amb la RaspBerry Pi 3 (Node-RED).

Les característiques generals del dispositiu són:

- **CPU**
  - Xtensa dual core 32bit LX6 microprocessor(s), up to 600 DMIPS
  - Hardware floating point acceleration
  - Python multi-threading
  - An extra ULP-coprocessor that can monitor GPIOs, the ADS channels and control most of the internat peripherals during deep-sleep mode while only consuming 25uA

- **Memory**
  - RAM: 520kB + 4Mb
  - External flash: 8Mb

- **Wifi**
  - 802.11b/g/n 16Mbps

- **Bluetooth**
  - Low Energy and clàssic

- **RTC**
  - Running at 150kHz

- **Security**
  - SSL/TLS Support
  - WPA Enterprise security

- **Hash/Encryption**
  - SHA
  - MD5
  - DES
  - AES

L'esquema de l'estructura de transmissió/recepció de les dades a través de LORA seria la que es mostra en la figura següent.

LORA Node

Captem les dades del PLC per mitjà del node-RED, passem aquesta informació al mòdul Lopy4 que envia la informació a través de LORA cap al LORA Gateway

LORA Gateway

Rebem les dades procedents del LORA Node. Per mitjà del Node-RED llegim les dades rebudes en el Lopy4 via LORA.

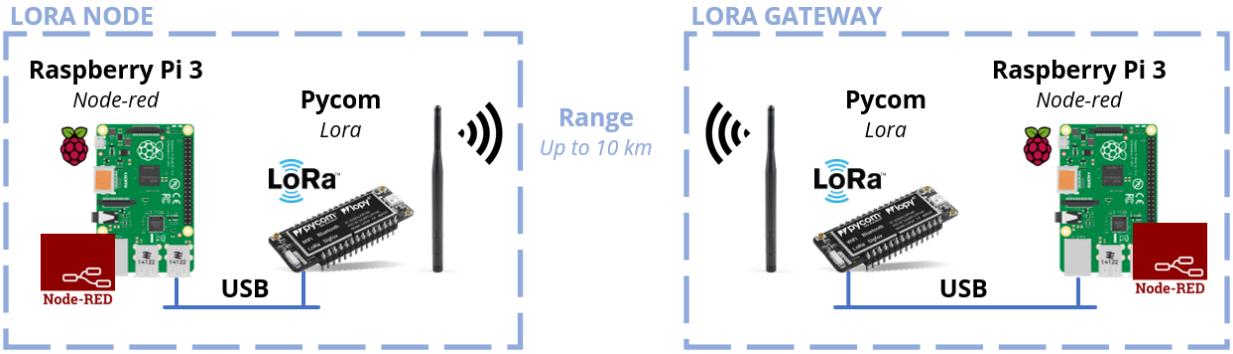


Figura 21. Estructura de la transmissió/Recepció de dades per mitjà de LORA

4.4. Registre de dades al "Cloud"

Per tal de registra les dades al Cloud o al servidor Local que emmagatzemarà les dades ens fa falta un software que ens permeti:

- Captar les dades i emmagatzemar-les en base de dades amb formats estàndards tals com BBDD SQL, MySQL... Aquest punt ens dona flexibilitat de cara a futures modificacions, actualitzacions o migracions de la informació cap a altres aplicacions.
- Visualitzar les dades d'una forma fàcil d'entendre per part de l'usuari. Tipus Dashboard.
- Fàcil accés a les aplicacions a través de diferents dispositius. Tablets, PC, smartphones.....

Al mercat hi ha multitud de propostes disponibles per cobrir les necessitats de la nostra aplicació. Per exemple:

- **Power BI, de Microsoft.** Permet visualitzar de forma senzilla informació continguda en una base de dades de diferents formats. Orientat a representació de dades financeres o de producció. *https://powerbi.microsoft.com/es-es/*

- **Tableau.** Software de creació de Dashboard a partir de informació continguda en base de dades. Enfocat sobretot a dades financeres.

  https://www.tableau.com/

Tots aquests software de visualització, estan enfocats a la representació de dades ja historiades en base de dades de diferents tipus.

En el nostre cas, ens interessa un software més enfocat en el món Iot. Un dels software que satisfan totes les nostres necessitats podria ser el "ThingsBoard". https://thingsboard.io/. Es tracta d'un software de visualització de informació orientat als sistemes Iot. Aquest ens permet:

- Organitzar els nostres dispositius. Identificant cada un d'ells en diferents agrupacions, que ens permeten distingir de forma fàcil l'origen de la informació.
- Crea i gestiona automàticament la base de dades, crean les noves entrades de informació directament sobre la base de dades.
- Compatible amb diferents tipus de organització de bases de dades. MySql, SQL, Postreg, Cassandra....
- Software OpenSource. Software de codi obert. Possibilitat de creació de noves funcionalitats.
- Permet la recepció de informació des de multitud de protocols. OPC-UA, MQTT (Permet integrar altres protocols LORA, ZigBee, Bluethot...) podem integrar pràcticament qualsevol dispositiu amb accés a la xarxa.

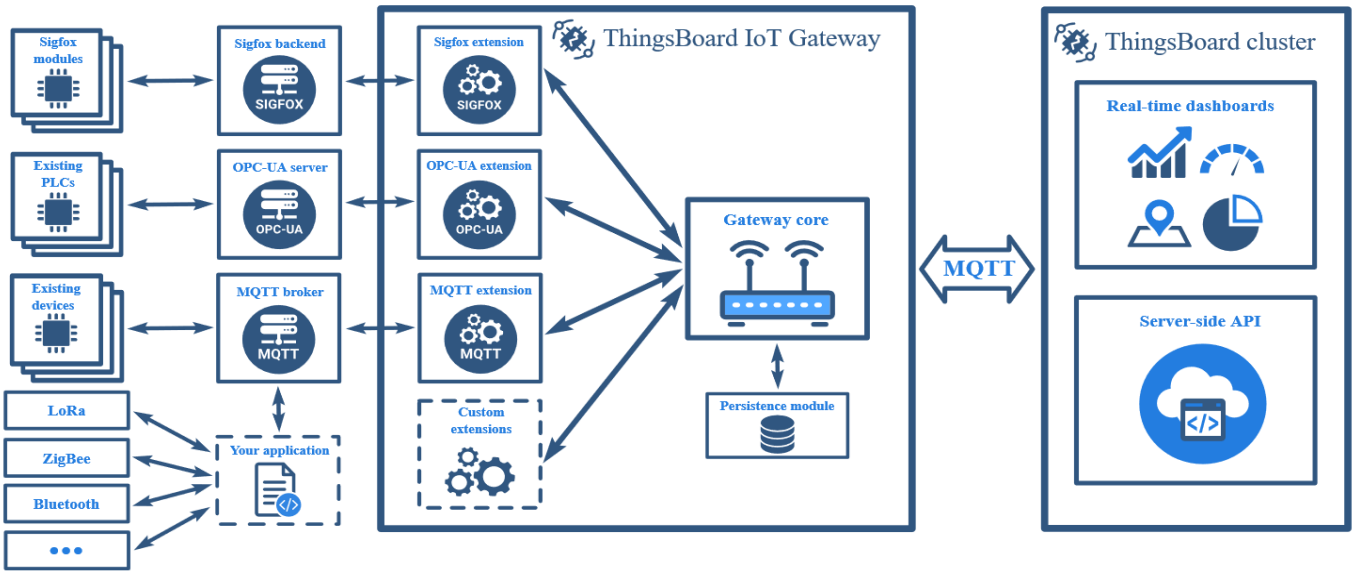


Figura 22. Estructura de funcionament del ThingsBoard

Aquest software estarà instal·lat en un Servidor local o remot, i rebrar les dades a través del protocol Publicador/Subscriptor MQTT. A través d'una comunicació TCP/IP sobre Ethernet, la Raspberry pi ,responsable de rebre la informació del Gateway Lora, enviarà la informació via MQTT al servidor Broker (Gestor) MQTT que incorpora el propi software.

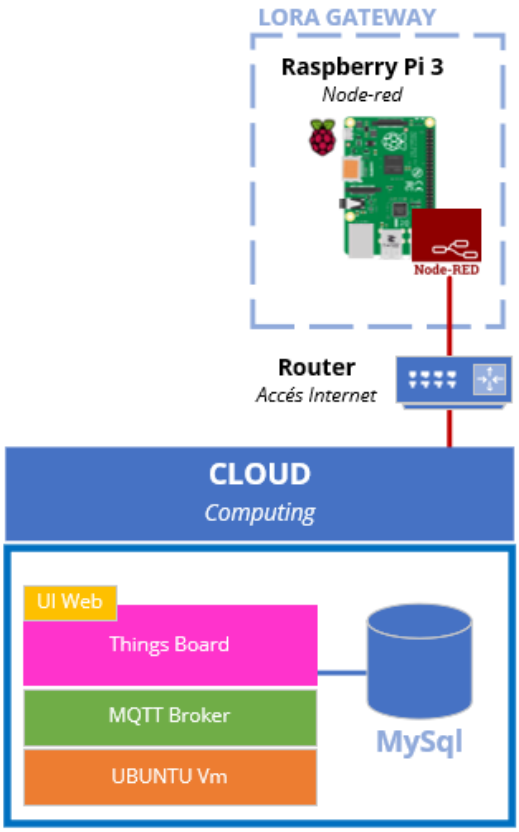


Figura 23. Estructura de la comunicació al ThingsBoard

MQTT (*Message Queue Telemetry Transport)* és un protocol per establir comunicacions M2M (Machine-to-Machine). Esta especialment dissenyat per aplicacions on es requereix una transmissió molt petita d'informació. A més a més, requereix d'una potència de processament molt petita, i en conseqüència baixos nivells de consum. Tot això fa que el protocol MQTT sigui ideal per aplicacions de IoT, que requereixen una gestió de dades en temps real molt petita.

El MQTT es basa en un sistema de Publicador /Subscriptor, és a dir, hi ha un Publicador que envia un missatge amb un Topic (Titol), i cada client pot subscriure's a un tòpic determinat. Gràcies a aquesta etiqueta "Tòpic" cada dispositiu es capaç de discernir quina informació li interessa rebre i quina no.

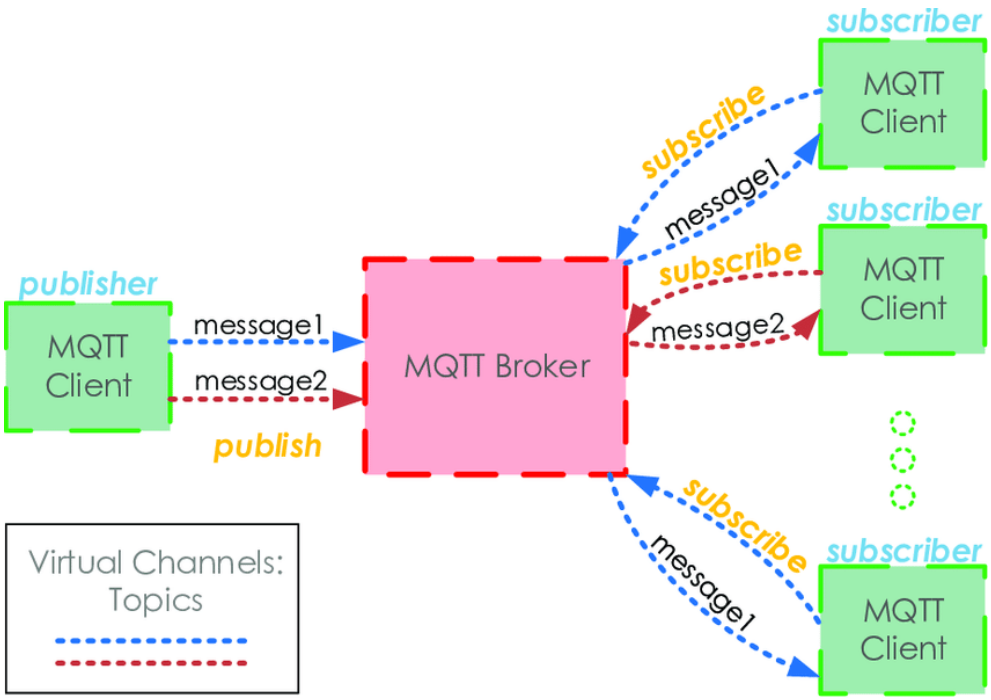


Figura 24. Arquitectura lògica de funcionament MQTT

En el nostre cas, la transmissió de la informació serà per mitjà del protocol TCP/IP sobre ethernet. La part MQTT no la trobaríem a la part física de l'arquitectura OSI sinó a la capa d'aplicació, ja que és un llenguatge de comunicació entre aplicacions, no un medi de transmissió, empaquetament o transport de la informació.

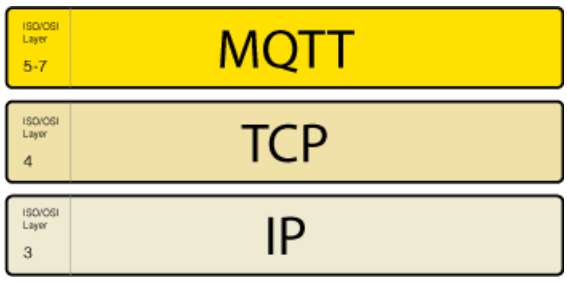


Figura 25. Posició del MQTT en l'arquitectura OSI

Tota la informació del protocol MQTT, la trobarem integrada al nivell de capa 5-7 de l'arquitectura OSI. La resta de comunicació és assimilable a la comunicació TCP/IP convencional. En el diagrama següent, es mostra la informació empaquetada en el nivell de capa 5-7.

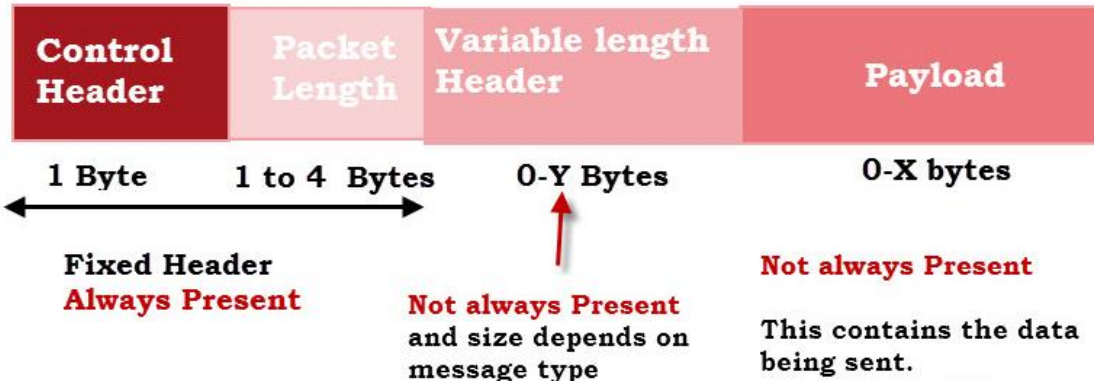


Figura 26. Telegrama que conte la informació del protocol MQTT

4.5. Accés remot a les dades

En aquest punt és indispensable que la informació sigui fàcilment accessible des de qualsevol dispositiu. Com hem vist abans, el software seleccionat "Things Board" és compatible amb qualsevol dispositiu amb capacitat d'accés via Web,

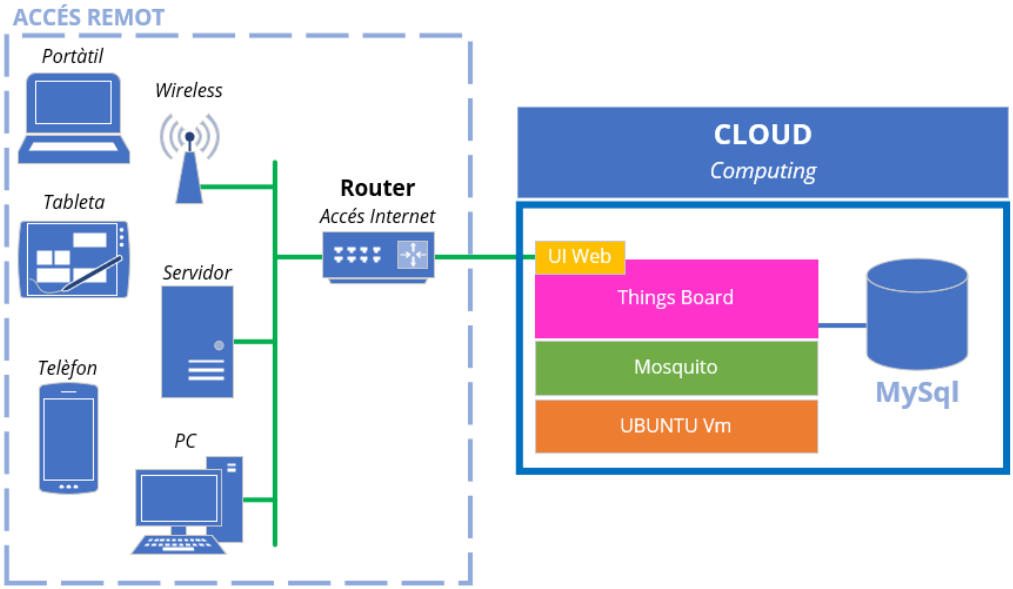


Figura 27. Connexió multi plataforma per visualització de la informació

5. DISSENY/TEST DE LA SOLUCIÓ

En el següent punt es procedeix a testejar la solució plantejada per comprovar-ne:

- Viabilitat
- Problemàtiques
- Funcionalitat
- Rang de funcionament

Les proves s'han realitzat en un plantejament d'un cas real. Es tracta d'una finca privada a la zona de Tavèrnoles (Osona) formada per:

- **Masia principal M.** En aquest punt es disposa de connexió a internet per fibra òptica. És on s'ubicarà el punt de recepció de dades i emmagatzematge de dades.

- **Granja A/B/C.** Granges de les quals es rebrà i representarà la informació.
    - **Granja A.** Ubicada a 50 mts de la Masia
    - **Granja B.** Ubicada a 300 mts de la Masia
    - **Granja C.** Ubicada a 325 mts de la Masia

Figura 28. Mapa distribució de punts de recepció i captació

En la figura següent es mostra la representació de la distribució de tots els elements que conformen la proposta. Per la prova de test que ens afecta, es farà la proba amb una de les granges que formen part de la finca, concretament ens centrarem amb la granja C que és la que es troba més allunyada del punt de recepció.

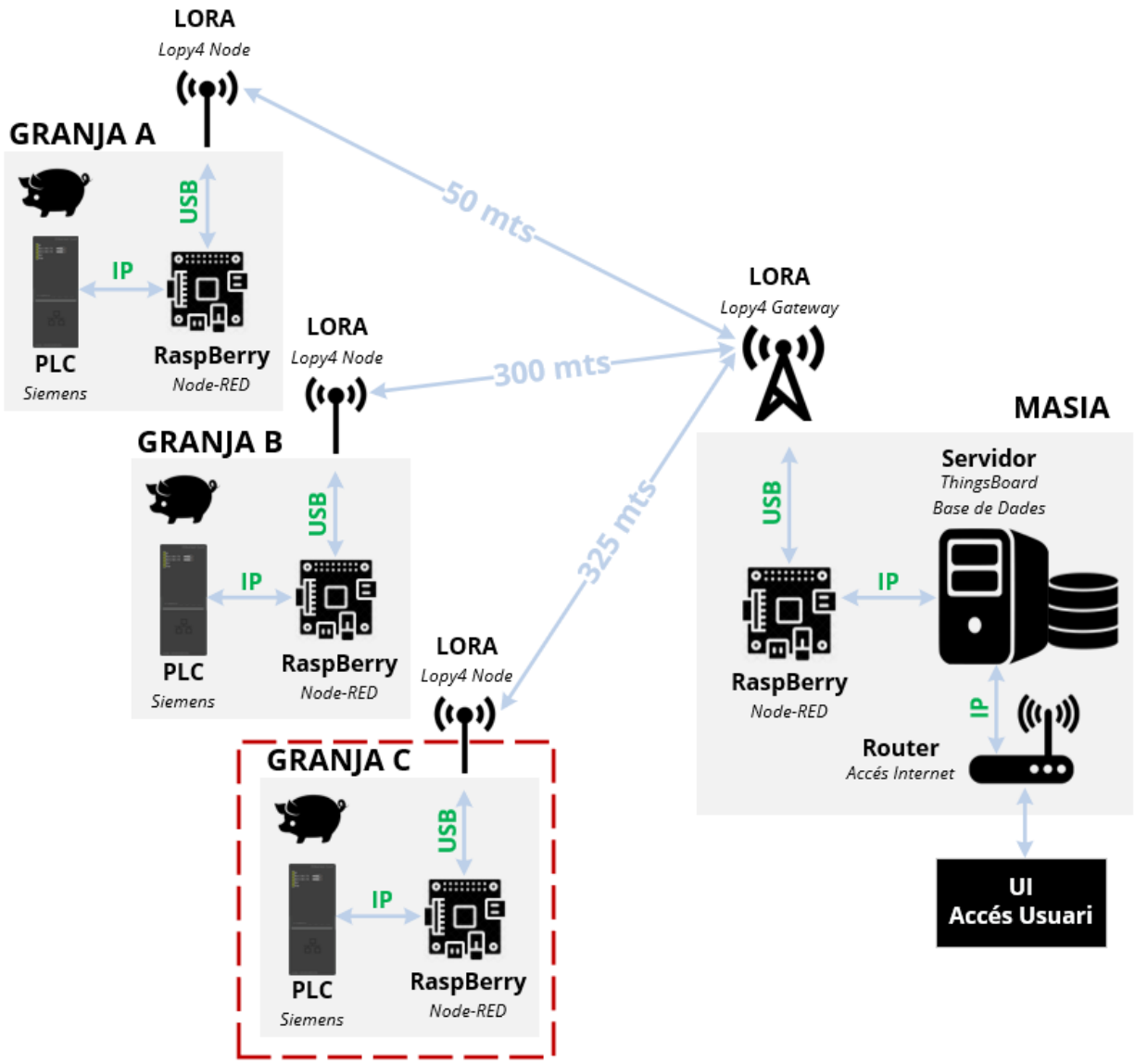


Figura 29. Estructura del sistema plantejat

La figura següent és la que seguirem per realitzar la prova de funcionalitat del sistema.

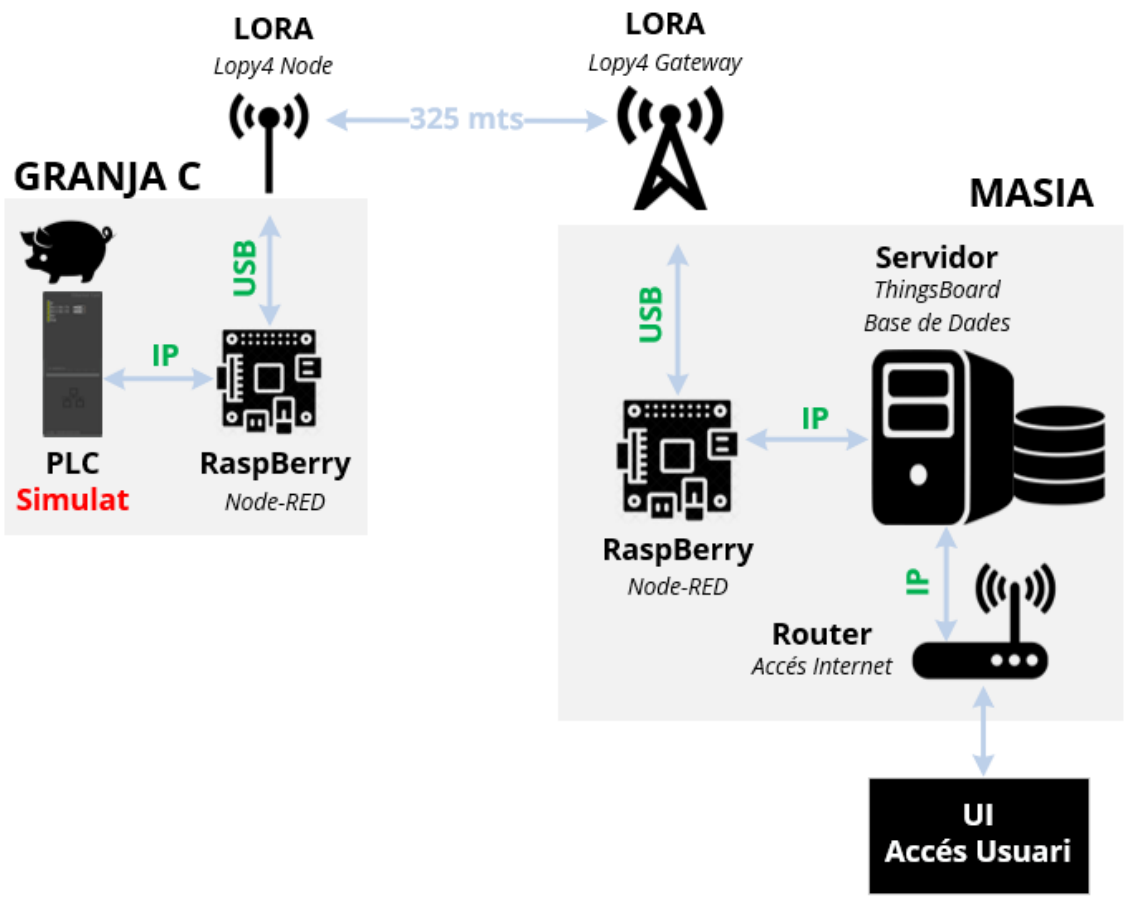


Figura 30. Representació de la prova a realitzar

La proba en qüestió la desglossarem en diferents part que descriurem en els apartats següent:

- Captació de dades (PLC)
- Lectura de dades PLC a Node-RED
- Transmissió de dades de Node a Gateway LORA
- Transmissió de dades al DashBoard "ThingsBoard"
- Accés remot a les dades

La informació que es monitoritzar, correspon a la taula de variables definida anteriorment. En aquest punt, hem de definir un nom per cada variable que serà la nomenclatura que utilitzarem dins els diferents programes de gestió i control.

NOMENCLATURA	MEDICIÓ	UNITATS	RANG	RESOLUCIÓ
PElecInst	Potencia Elèctrica inst	kW	0-100	0.00
PElecAcc	Potencia Consumida	kWh	0-10000000	0
VL1L2	Tensió L1 - L2	V	0-450	0
VL2L3	Tensió L2 - L3	V	0-450	0
VL1L3	Tensió L1 - L3	V	0-450	0
IL1	Intensitat L1	A	0-1000	0.0
IL2	Intensitat L2	A	0-1000	0.0
IL3	Intensitat L3	A	0-1000	0.0
TInt	Temperatura Interior	ºC	[-15 a 70 ºC]	0.0
HInt	Humitat Interior	%	[0 a 100%]	0
TExt	Temperatura Exterior	ºC	[-15 a 70 ºC]	0.0
HExt	Humitat Exterior	%	[0 a 100%]	0
CO2	CO2	ppm	0-5000	0
Pinsox100	Nivell Sitja Pinso	%	[0 a 100%]	0
Pinsokg	Pes Sitja Pinso	kg	[0 a 100.000kg]	0
AiguaPressio	Pressió Aigua	bar	[0 a 10bar]	0.0
AiguaConsumInst	Consum Aigua inst	litres/h	[0 a 100.000l]	0
AiguaConsumAcc	Consum Aigua Acumulat	m3	[0 a inf]	0

Taula 6. Nomenclatura de les variables dins el sistema

5.1. Captació de dades (PLC)

Aquest punt és el que afecta la captació de dades per part del PLC. Donat el reduït pressupost amb que es compte, no hi ha la possibilitat de realitzar les proves amb elements de camp reals. Donat que els sistema de PLC Industrials, són element estandarditzats amb un funcionament més que testat a la industria, hem optat per fer servir un simulador de PLC. Aquest simulador permet disposar d'un PLC completament virtual que presenta les mateixes funcionalitats i prestacions que l'equip real.

S'ha optat per utilitzar un simulador de PLC de Siemens, per mitjà del programa "TIA Portal v15", que és el software que s'utilitza per desenvolupar aplicacions amb els PLC Industrials de Siemens.

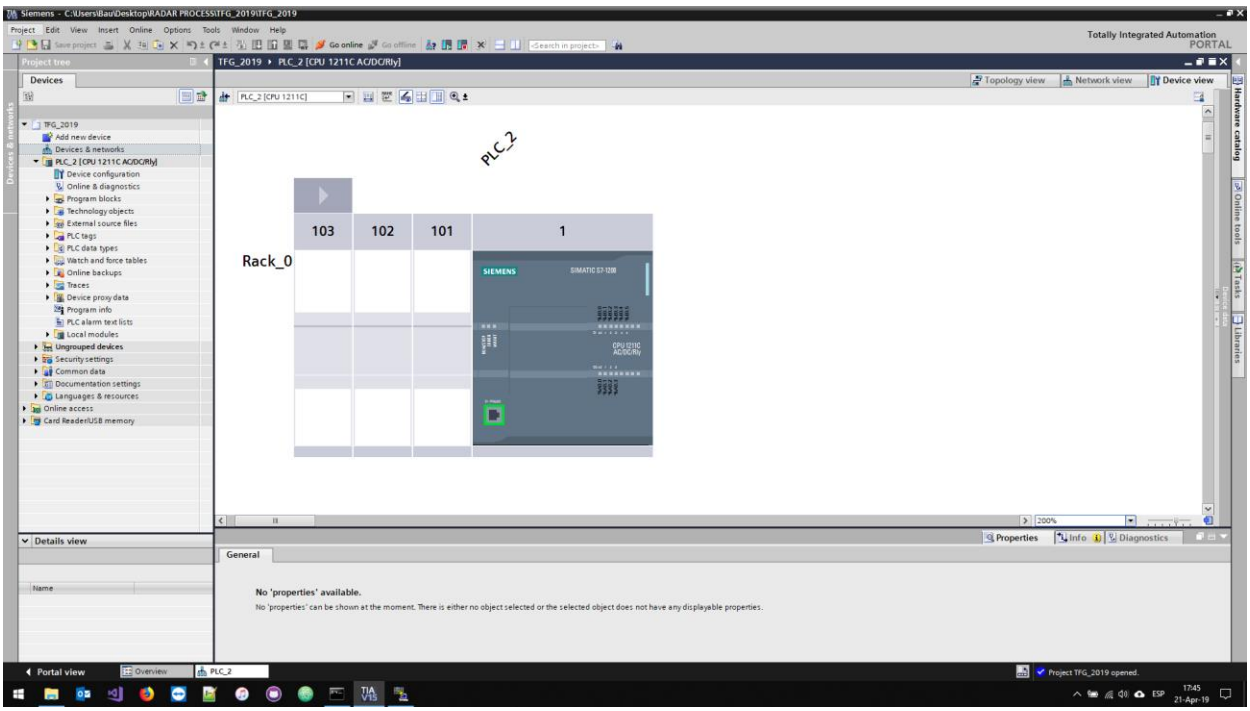


Figura 31. Programa TIA Portal v15 de Siemens

Model escollit

S'escull un model de la gamma compacte. Que compleix amb les prestacions requerides. Concretament la simulació es farà amb el model "S7-CPU 1211C AC/DC/Relay".

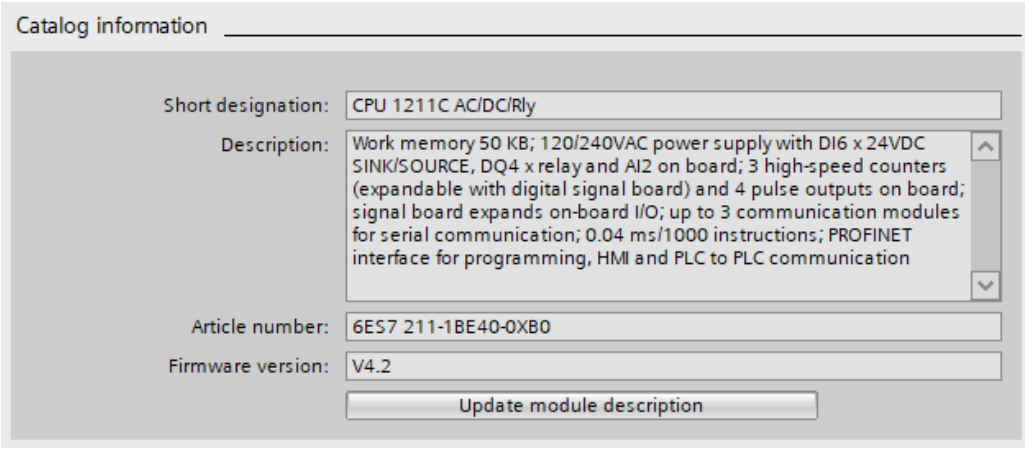


Figura 32. Model de CPU escollit

Informació Disponible

Dins el PLC es crear una "DB" la DB100 que serà on tindrem la informació recopilada pel PLC. En aquest cas els valors seran simulats, però l'accés i organització de la informació es corresponen exactament a la que tindríem en cas de utilitzar un PLC real.

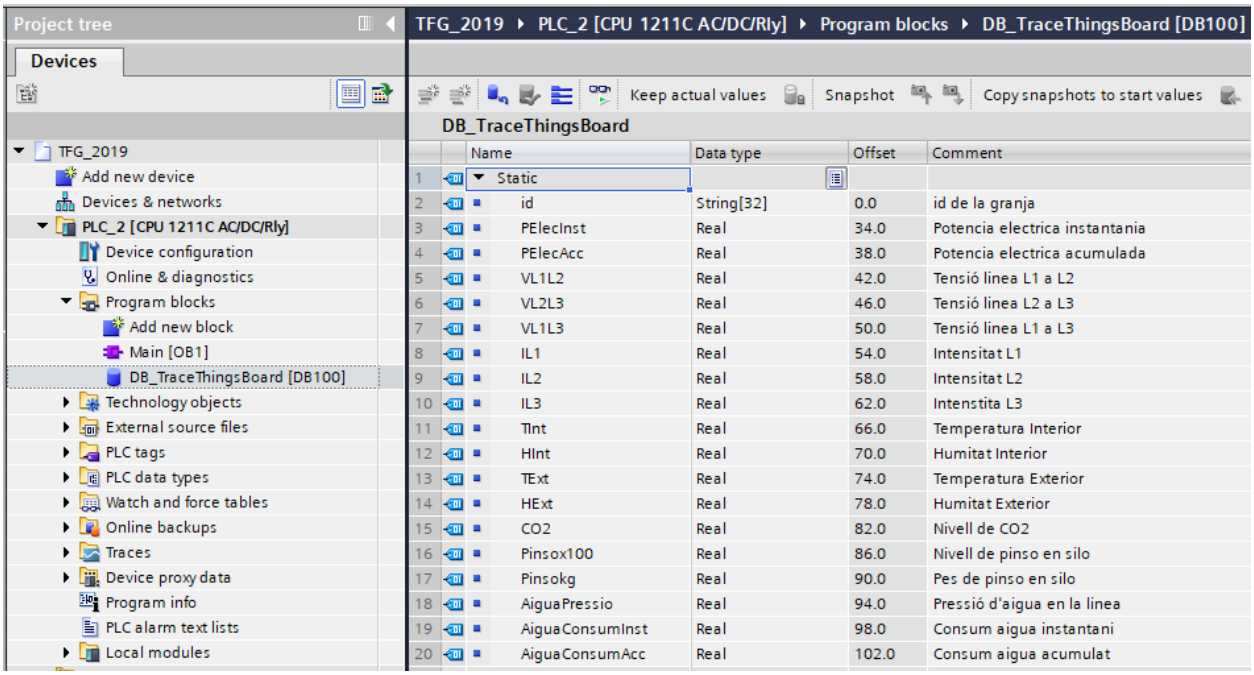


Figura 33. Estructura de la DB interna del PLC

Simulació del PLC

Utilitzem el propi simulador del programa per tenir un PLC virtual corrent en el PC. Aquest simulador, interactua de forma lògica tal i com ho faria l'equip real.

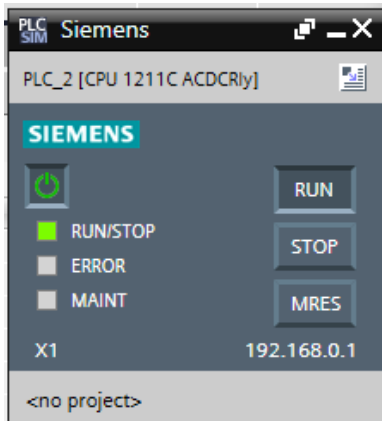


Figura 34. PopUp del simulador

Mapeig del PLC a la xarxa Local

Per tal que el PLC sigui visible a la xarxa local, cal utilitzar el programa "NettoPLCSIM". Aquest permet vincular el PLC Virtual a una direcció IP de la nostre xarxa local. Des de aquesta IP podrem accedir a les variables i funcions del PLC Virtual com si fos una unitat real.

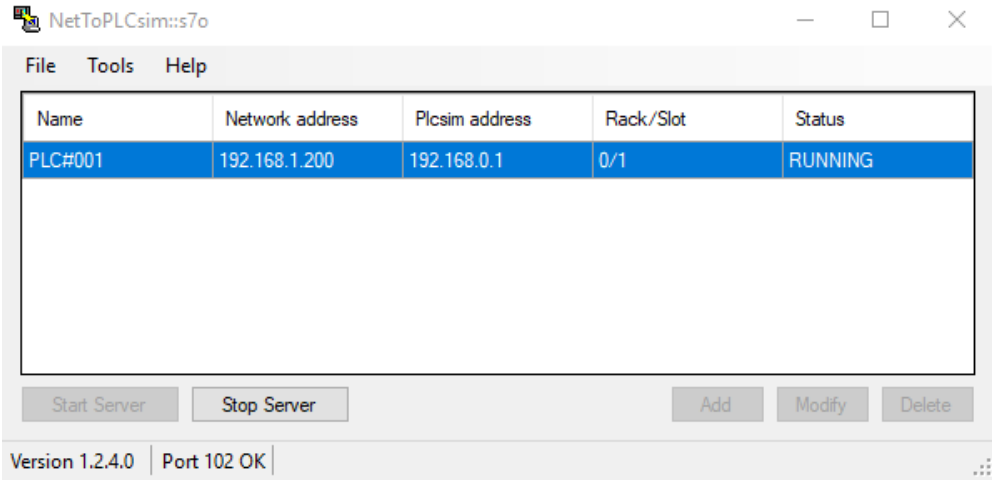


Figura 35. Programa pel mapeig del simulador

A partir d'aquest punt ja disposem del equip en la nostre xarxa ethernet local.

5.2. Lectura de dades. PLC a Node-RED

Amb el PLC ja disponible a la xarxa, podem començar amb la captació de dades. Com hem parlat abans, en aquest punt disposarem d'un microPC "RaspBerry Pi 3" amb el software Node-RED instal·lat.

Necessitem fer l'accés a un PLC Siemens. El Node-RED disposa d'una aplicació que permet accedir directament a les DB dels controlador Siemens. Aquesta aplicació es diu "Contrib-S7comm". https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-s7comm

L'accés a la DB de siemens, es fa en valors absoluts de la DB, el que correspon al paràmetres "OffSet" que indica la pròpia DB.

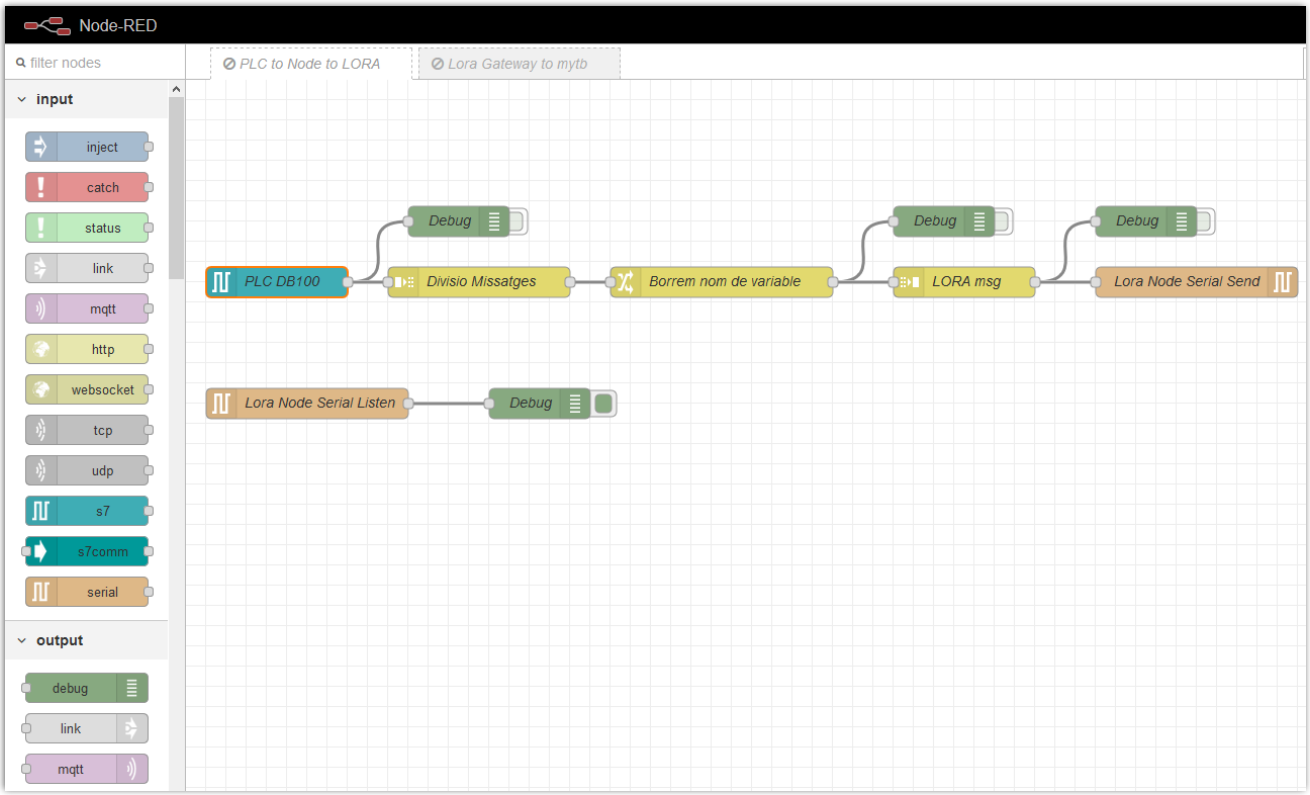


Figura 36. Estructura dels blocs Node-RED

Configuració de les variables en el node contrib-S7

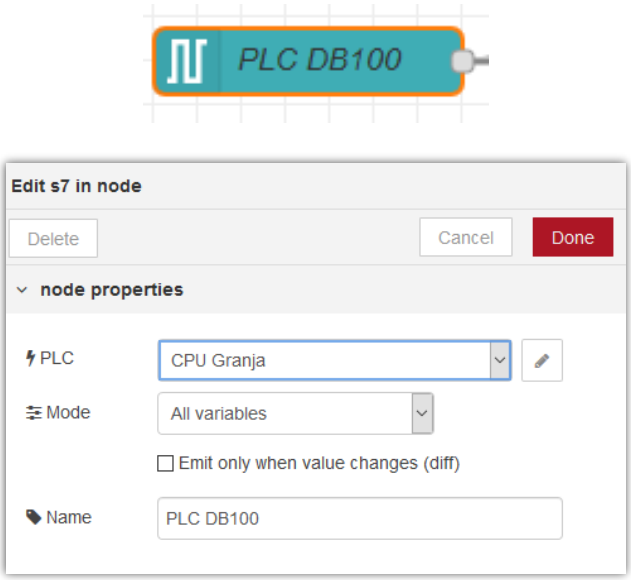


Figura 37. Configuració de la CPU a llegir

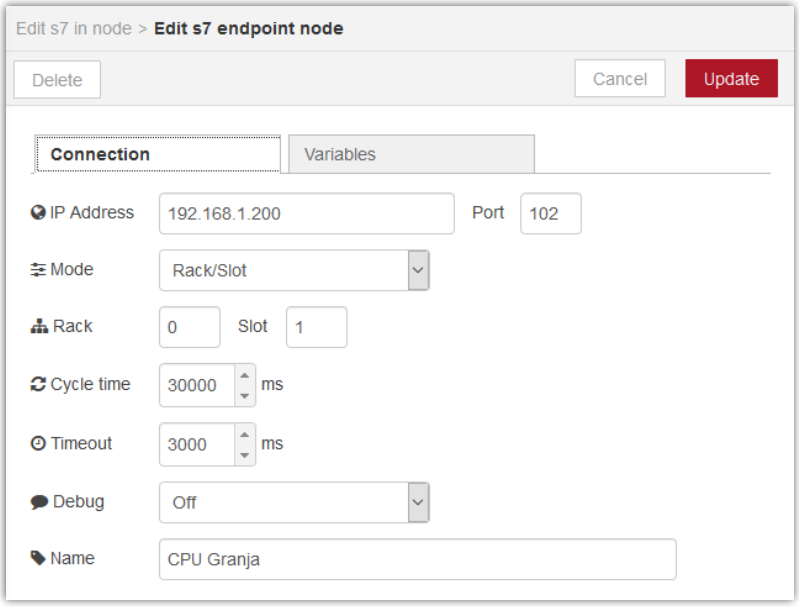


Figura 38. Configuració de la IP i cicle de refresc de la CPU

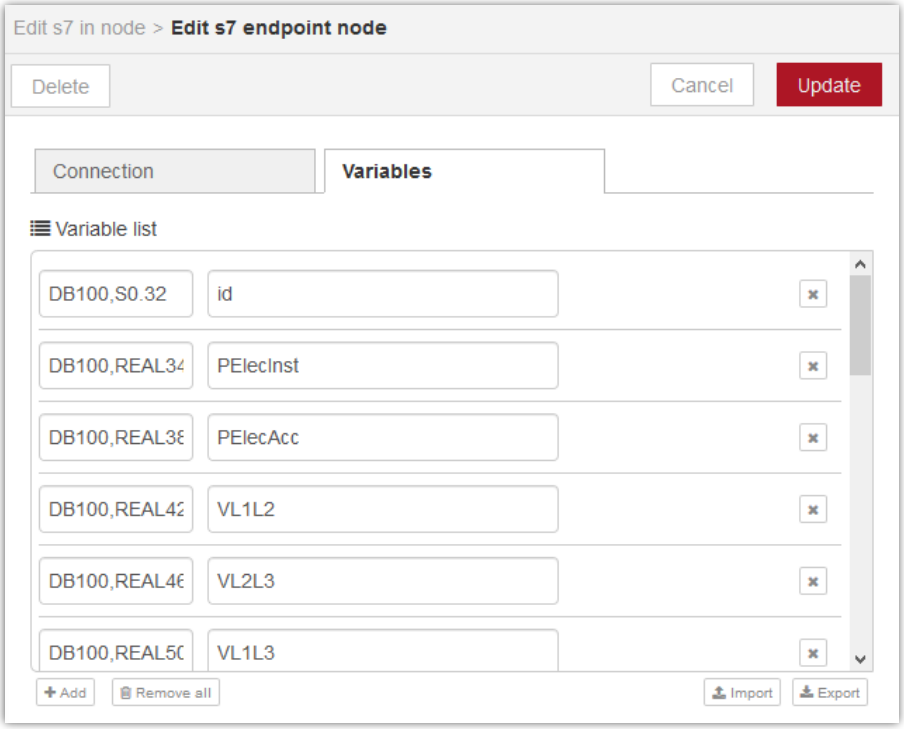


Figura 39. Configuració de les direccions de les variables del PLC a llegir

Un cop feta la configuració del Node que llegeix les variables al PLC ja tenim disponible la informació al Node-RED. El temps de refresc de la informació del PLC s'ha posat a 30 segons, per tal de anar reben informació amb períodes de temps curts, per poder comprovar la recepció en el punt de captació.

Tots els paràmetres llegits al PLC ens arribaran en forma de missatge concatenat com es mostra a continuació. Més endavant hem de manipular aquest missatge amb funcions per poder-ne reduir el tamany i enviar-lo a través del radioenllaç LORA.

<u>Missatge que conté la informació de la granja:</u>

{ "**id**":"GranjaC" , "**PElecInst**":12.3 , "**PElecAcc**":5.5 , "**VL1L2**":398 , "**VL2L3**":400 , "**VL1L3**":401 , "**IL1**":25 , "**IL2**":12.5 , "**IL3**":13.6 , "**TInt**":21.3 , "**HInt**":75 , "**TExt**":8 , "**HExt**":90 , "**CO2**":456 , "**Pinsox100**":56 , "**Pinsokg**":3856 , "**AiguaPressio**":1.5 , "**AiguaConsumInst**":12.3 , "**AiguaConsumAcc**":28956 }

5.3. Transmissió de dades Node a Gateway LORA

Un cop ja disposem de tota la informació del PLC continguda en un missatge hem de procedir a enviar-lo a través del mòdul de comunicació. Primerament però caldrà tractar el missatge, per tal de reduir al màxim les dades a transmetre.

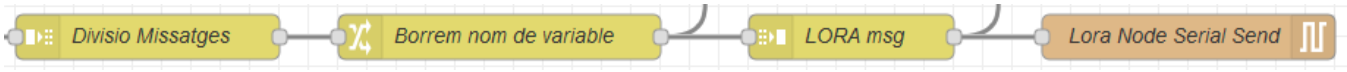
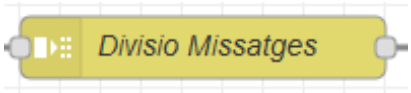


Figura 40. Nodes per la transmissió del missatge a través del Node LORA

Depuració de la informació per ser enviada.

Per tal de enviar només la informació realment necessària a través del LORA, apliquem un seguit de funcions que ens permet quedar-nos només amb els valors REALS del missatge, que són els que realment ens interessen.

<u>Dividim el missatge en les diferents informacions que transporta</u>



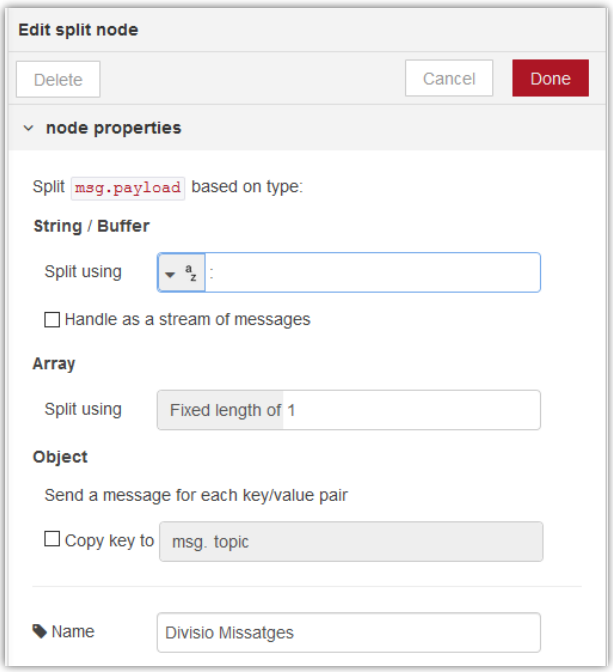


Figura 41. Node per l'adequació del missatge

Borrem el nom de capçalera "key" de cadascuna de les parts

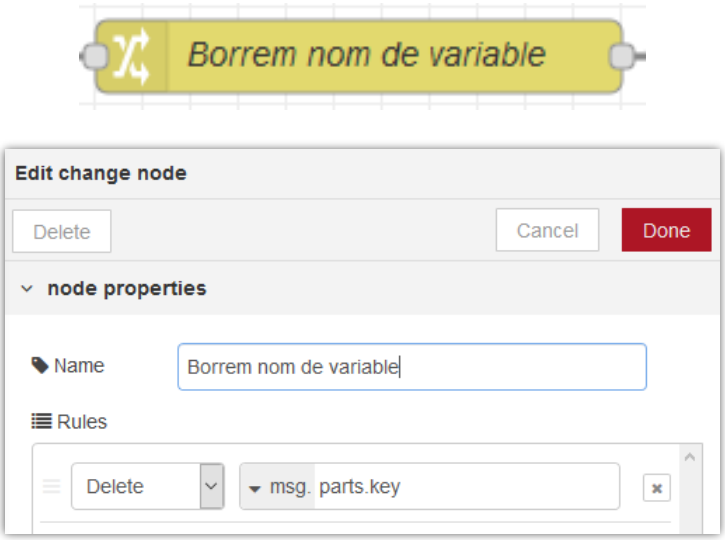


Figura 42. Adequació del missatge

Tornem a reconstruir el missatge sense els noms de capçalera "keys"

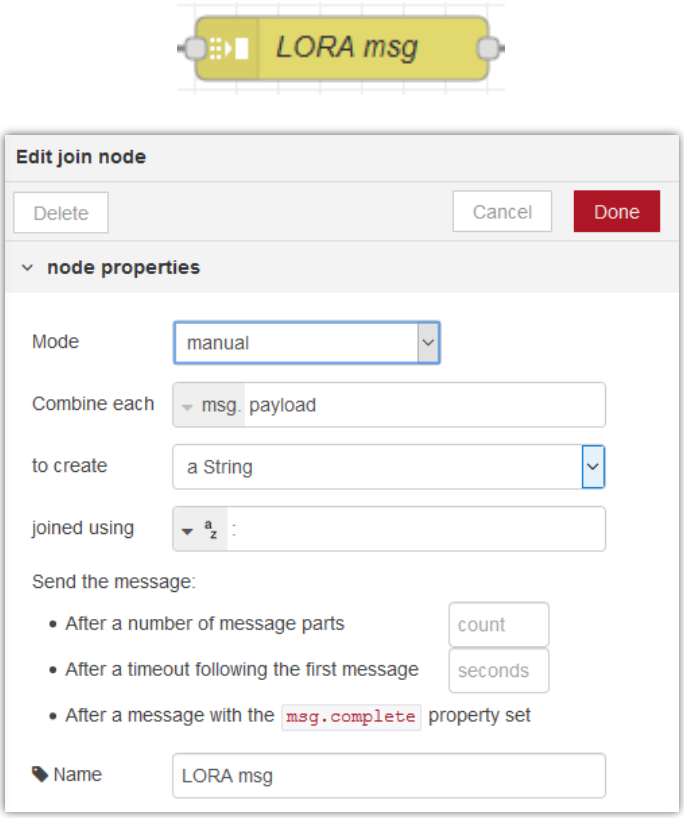


Figura 43. Reconstrucció del missatge

Amb les funcions aplicades passarem del missatge original al missatge que realment transmetrem per el Node Lora.

Missatge Inicial

{ "**id**":"GranjaC" , "**PElecInst**":12.3 , "**PElecAcc**":5.5 , "**VL1L2**":398 , "**VL2L3**":400 , "**VL1L3**":401 , "**IL1**":25 , "**IL2**":12.5 , "**IL3**":13.6 , "**TInt**":21.3 , "**HInt**":75 , "**TExt**":8 , "**HExt**":90 , "**CO2**":456 , "**Pinsox100**":56 , "**Pinsokg**":3856 , "**AiguaPressio**":1.5 , "**AiguaConsumInst**":12.3 , "**AiguaConsumAcc**":28956 }

Missatge a transmetre

{GranjaC:12.3:5.5:398:400:401:25:12.5:13.6:21.3:75:8:90:456:56:3856:1.5:12.3:28956 }

Com que coneixem la informació continguda en cada posició, un com rebem la informació al altre costat, ens serà fàcil tornar a muntar el telegrama inicial. Un cop tenim el missatge, ja el podem enviar cap al mòdul LOPY a través del port USB de la raspberry pi.

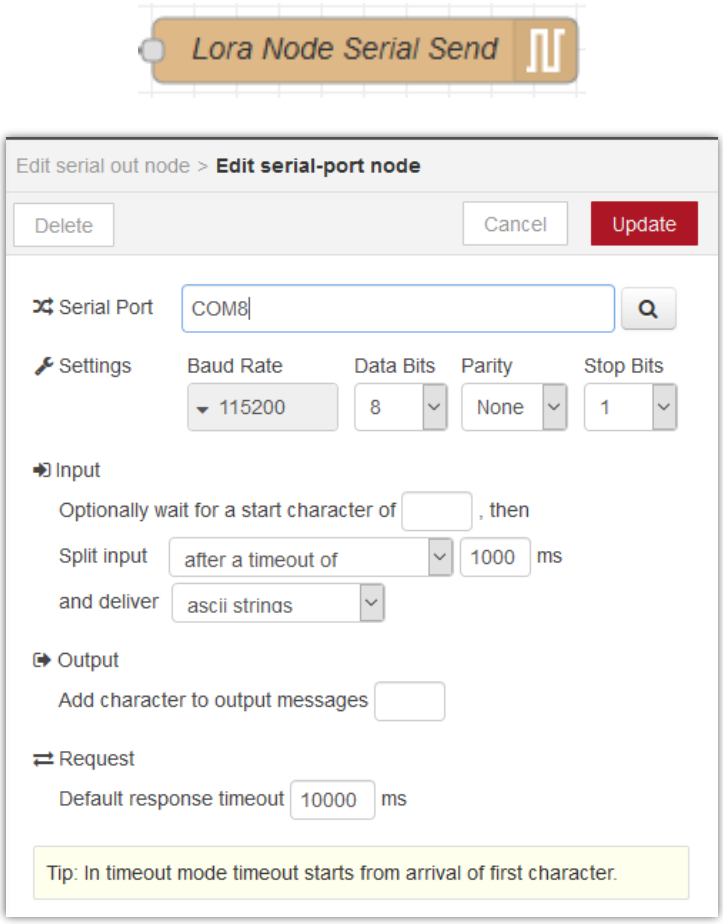


Figura 44. Enviament del missatge pel port de comunicació

Transmissió de les dades des del Node

El mòdul lopy4 li hem programat una rutina que contínuament llegeix el port USB amb el que està connectat a la RaspBerry Pi 3. En cas de rebre un missatge per transmetre "msg <> None" el programa inicia l'empaquetat i transmissió per LORA. Un cop feta la transmissió, espera que el gateway el contesti conforme ha sigut rebut correctament el missatge.

```
main.py
import os
import socket
import time
import struct
from network import LoRa

_LORA_PKG_FORMAT = "BB%ds"
_LORA_PKG_ACK_FORMAT = "BBB"
DEVICE_ID = 0x01

lora = LoRa(mode=LoRa.LORA, tx_iq=True, region=LoRa.EU868)
lora_sock = socket.socket(socket.AF_LORA, socket.SOCK_RAW)
lora_sock.setblocking(False)

msg = "None"
timeout = 1
#Ciclicament anem realitzant la rutina.
while(True):

    msg = uart.readall()
    if (msg is not None):
        print (msg)
        pkg = struct.pack(_LORA_PKG_FORMAT % len(msg), DEVICE_ID, len(msg), msg)
        lora_sock.send(pkg)
        waiting_ack = True
        while(waiting_ack):
            recv_ack = lora_sock.recv(256)

            if (len(recv_ack) > 0):
                device_id, pkg_len, ack = struct.unpack(_LORA_PKG_ACK_FORMAT, recv_ack)
                if (device_id == DEVICE_ID):
                    if (ack == 200):
                        waiting_ack = False
                        print("ACK")
                    else:
                        waiting_ack = False
                        print("Message Failed")
            time.sleep(0.5)
            timeout = timeout+1
            if (timeout>10):
                print ("Message Ack not recived")
                break
```

Figura 45. Codi MicroPython del programa del Lopy4 "Node"

Recepció de les dades al Gateway

Al altre costat, tenim el Lopy4 del Gateway que espera la recepció de les dades del Node. Aquest també té carregada una rutina, que rep el missatge, confirma al Node que ha rebut bé la transmissió, i la envia via port USB a la Raspberry pi encarregada d'enviar la informació rebuda cap al sistema de emmagatzematge.

```
main.py
import socket
import struct
from network import LoRa

_LORA_PKG_FORMAT = "!BB%ds"
_LORA_PKG_ACK_FORMAT = "BBB"

lora = LoRa(mode=LoRa.LORA, rx_iq=True, region=LoRa.EU868)
lora_sock = socket.socket(socket.AF_LORA, socket.SOCK_RAW)
lora_sock.setblocking(False)

#Ciclicament anem realitzant la rutina.
while (True):
    recv_pkg = lora_sock.recv(512)
    if (len(recv_pkg) > 2):
        recv_pkg_len = recv_pkg[1]

        device_id, pkg_len, msg = struct.unpack(_LORA_PKG_FORMAT % recv_pkg_len, recv_pkg)
        print('Device: %d - Pkg:  %s' % (device_id, msg))

        ack_pkg = struct.pack(_LORA_PKG_ACK_FORMAT, device_id, 1, 200)
        lora_sock.send(ack_pkg)
```

Figura 46. Codi MicroPython del programa del Lopy4 "Gateway"

Un cop rebuda la informació al Node-RED del costat del Gateway, tindrem un missatge com aquest.

Missatge Rebut

{GranjaC:12.3:5.5:398:400:401:25:12.5:13.6:21.3:75:8:90:456:56:3856:1.5:12.3:28956 }

5.4. Test de distància de transmissió

Per tal de determinar si la cobertura de les antenes LORA és suficient per la nostra aplicació, i veure que s'adapta a les necessitats requerides pel nostre sistema, hem de realitzar una prova de cobertura. Per realitzar aquesta prova, farem una transmissió periòdica dels paquets de valors que ens enviarem amb l'aplicació funcionant.

Per saber si el sistema de transmissió/recepció funcionen correctament hem de tenir en compte dos paràmetres:

- **RSSI "Received Signal Strength Indicator".** És una escala de referencia (en relació a 1mW) per mesura el nivell de potència de les senyals rebudes per un dispositiu en les xarxes inalàmbriques. Pel cas del valor RSSI es consideren un valors orientatius per determinar si la senyal és correcte o no:

  - ***0 dBm:*** *Senyal ideal, difícil d'aconseguir a la pràctica*
  - ***-89 a -77 dBm:*** *Senyal idònia amb taxes de transferència estables.*
  - ***-97 a -90 dBm:*** *Enllaç bo.*
  - ***-103 a -98 dBm:*** *Enllaç mig-baix. És una senyal mitjanament bona tot i que pot tenir problemes en cas de pluja o vent.*
  - ***-112 a -104 dBm:*** *Molt baixa cobertura (problemes per establir enllaç).*
  - ***A partir -113 dBm:*** *Cobertura esporàdica o sense cobertura.*

RSSI. Recuperat de *https://es.wikipedia.org/wiki/Indicador_de_fuerza_de_la_se%C3%B1al_recibida*

- **SNR "Signal to Noice Ratio".** És la proporció que existeix entre la potencia de la senyal de transmissió i la potència del soroll que s'incorpora a la senyal. La fórmula de càlcul del SNR és SNR=10 log (S/N) on S potència de senyal mW i N la potència de soroll en mW. Valors positius indiquen que la snyal es predominant en la transmissió, en cas de valor negatius, significa que la senyal predominant és la del soroll.

SNR. Recuperat de https://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise_ratio

Els valor de SNR i RSSI s'han obtingut directament del propi mòdul, doncs en cada transmissió el mòdul Lopy4 és capaç de informar-nos de la qualitat de la senyal rebuda.

Per tal de testejar la cobertura de la nostre aplicació, s'ha instal·lat la antena de recepció "Gateway" al punt M "Masia". S'han fet mesures al llarg de tot al camí fins a perdre la cobertura completament.

	Distància (mts)	RSSI (dBm)	SNR	tx_Power	
1	5	-64	6	14	
2	125	-76	6	14	
3	300	-74	6	14	
4	325	-84	6	14	Granja C
5	735	-97	5	14	
6	1150	-106	3	14	
7	3080	-119	-2	14	
8	5500	-122	-9	14	

Taula 7. Mesures obtingudes en el test de cobertura

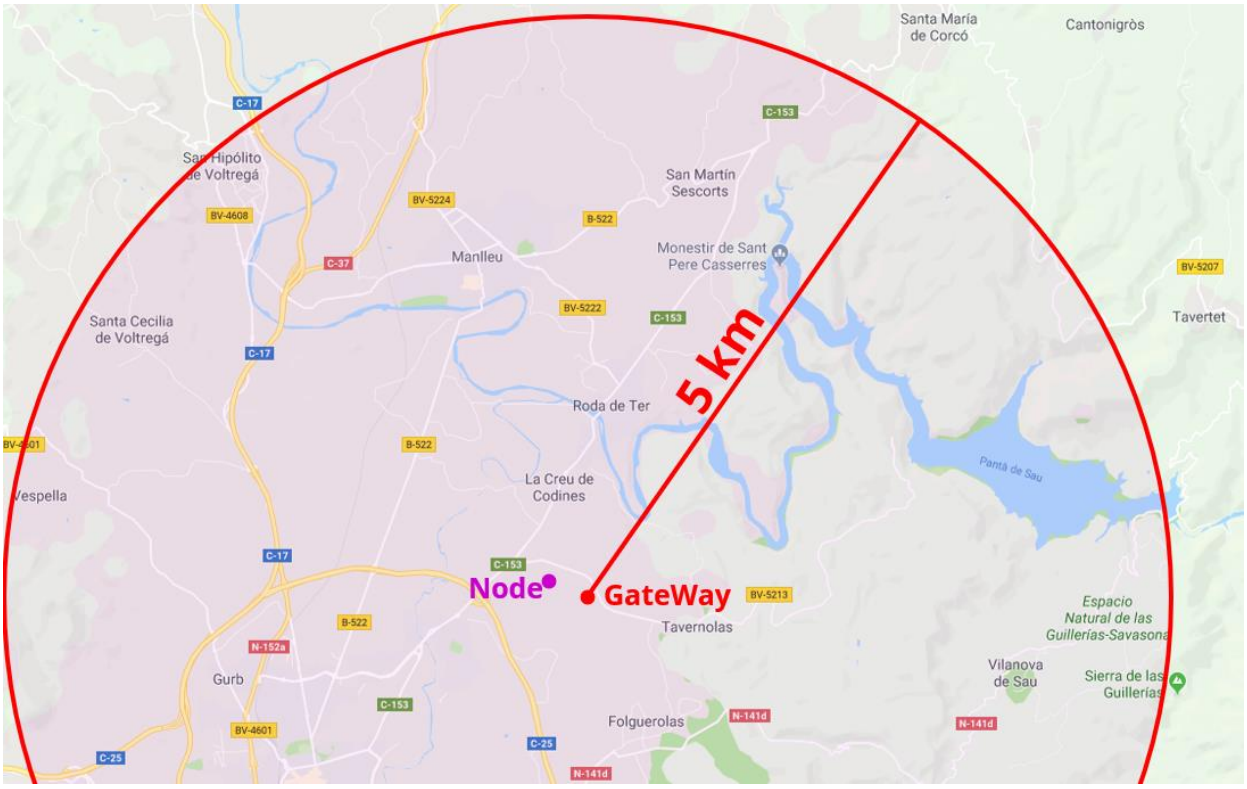


Figura 47. Àrea de cobertura del sistema de transmissió.

5.5. Enviament de Dades al DashBoard (ThingsBoard)

Un cop rebuda la informació al Node-RED del costat del Gateway, tindrem un missatge com aquest.

Missatge Rebut

{GranjaC:12.3:5.5:398:400:401:25:12.5:13.6:21.3:75:8:90:456:56:3856:1.5:12.3:28956 }

Ara cal reconstruir aquest missatge per poder-lo enviar de forma ordenada al sistema de emmagatzematge i representació.

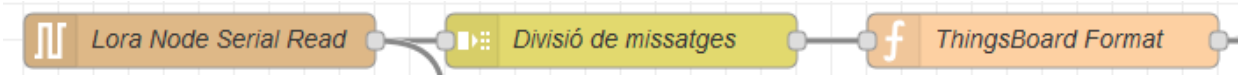
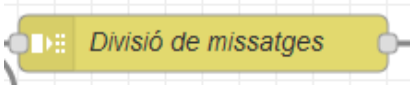


Figura 37. Nodes per la reconstrucció i reenviament del missatge

<u>Dividim el missatge en les diferents informacions que transporta</u>



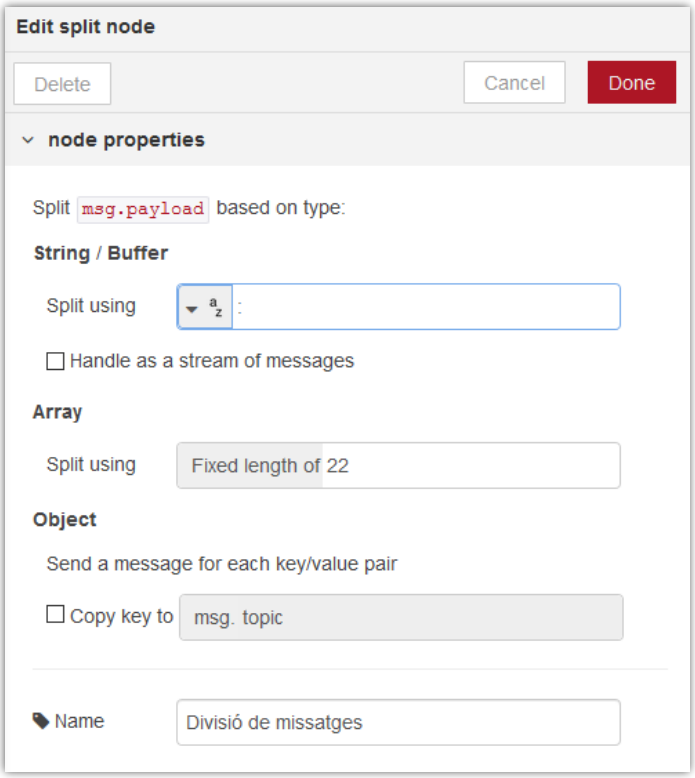


Figura 48. Node de divisió del missatge rebut

Donem format JSON a cadascuna de les variables per ser enviades al DashBoard

En aquest últim pas, ja disposem dels diferents paràmetres en format JSON per ser enviats directament a sistema de DashBoard.

{"**IDGranja**" : "Granaj C"} {"**PElecInst**" : 12.3} {"**PElecAcc**" : 5.5}

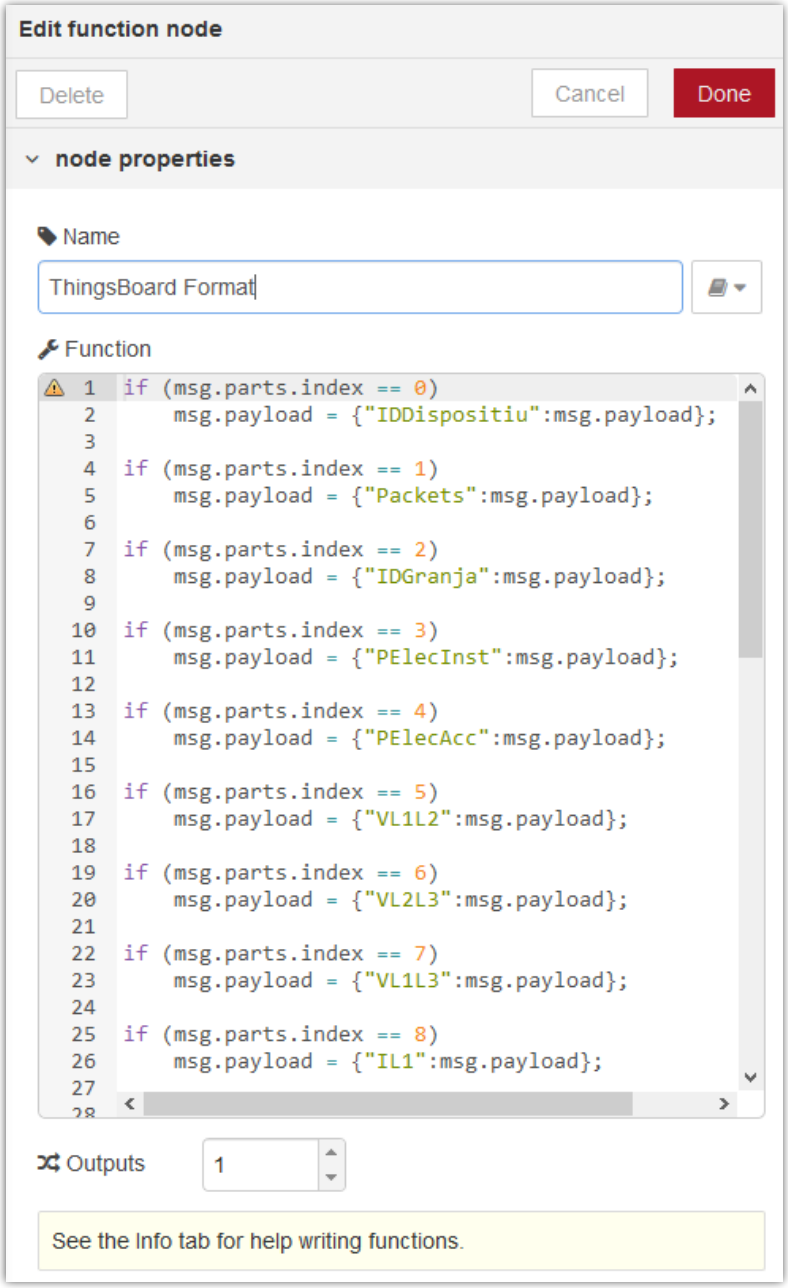
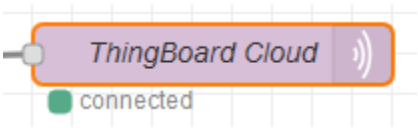


Figura 49. Node per muntatge de telegrames JSON

En el cas d'aquesta prova, tenim el software de dashboard i emmagatzematge de informació corrent en el nostre propi PC, dins una màquina virtual Linux. L'enviament de la informació serà a través del protocol MQTT, des del node-Red cap al ThingsBoard.

Per tal de poder enviar la informació a la base de dades del DashBoard hem de tenir en compte:

- **Token d'accés del Gateway al DashBoard.** És un codi únic que ens proporciona el propi Dashboard que ens permet vincular el Gateway amb l'aplicació. Aquest token és utilitzat com a nom de usuari per accedir a la connexió MQTT.
- **MQTT.** Connexió al servidor MQTT del propi DashBoard.



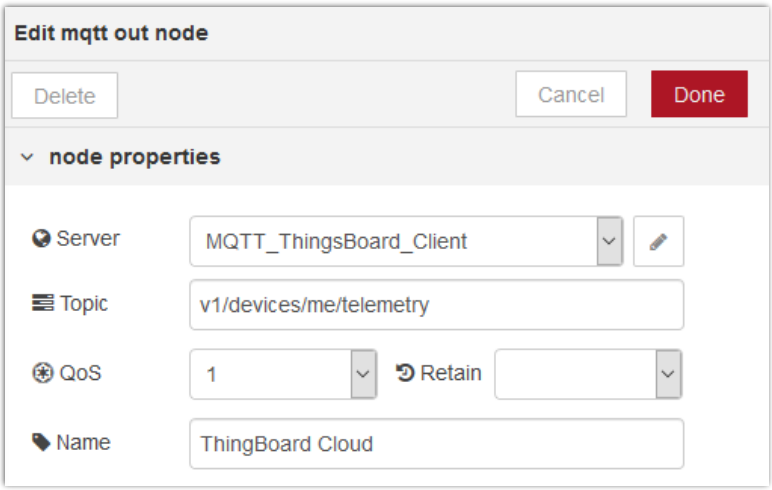


Figura 50. Configuració enllaç MQTT

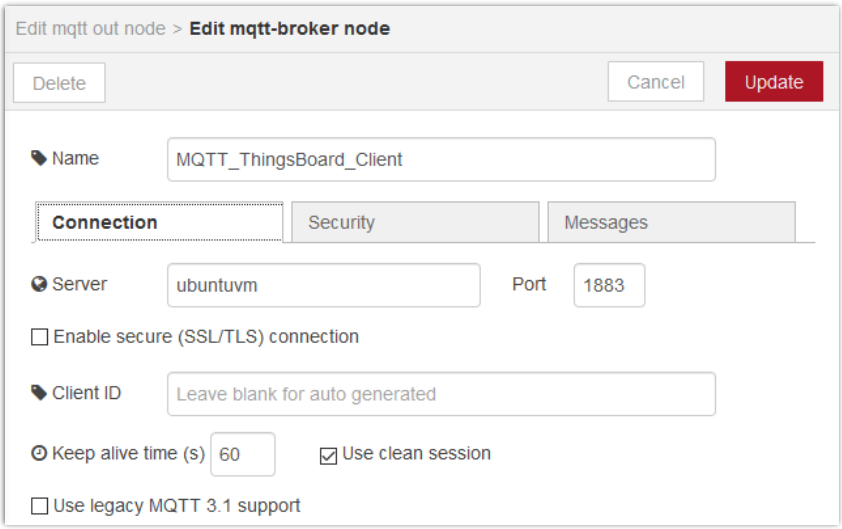


Figura 51. Configuració de connexió amb el servidor MQTT

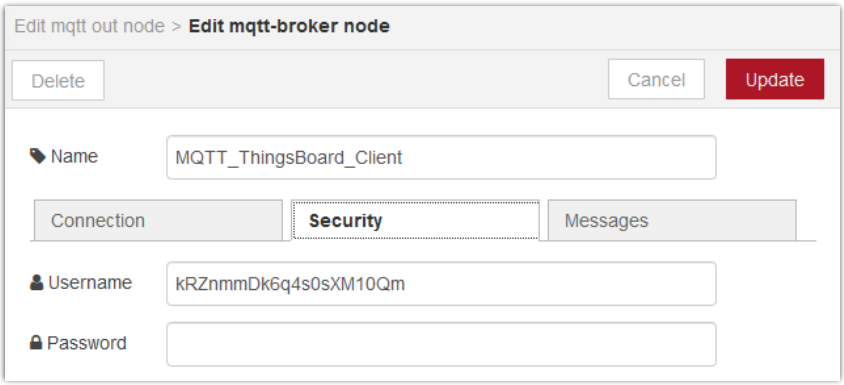


Figura 52. Token ID com a user name del connexió al servidor MQTT

Un cop s'ha iniciat l'enviament de dades al dashboard, ja disposarem d'informació per ser graficada i visualitzada per l'usuari. Aquesta informació es podrà representar segons la conveniència de cada aplicació.

5.6. Accés remot a les dades

Un dels grans avantatges de l'aplicació seleccionada, és l'accés remot des de qualsevol dispositiu. És a dir, podem accedir a la visualització des de qualsevol dispositiu amb connexió a internet, bé sigui un PC, una tablet, un telèfon intel·ligent...

A continuació, es mostren diferents visualitzacions de les dades obtingudes durant la prova, per diferents dispositius.

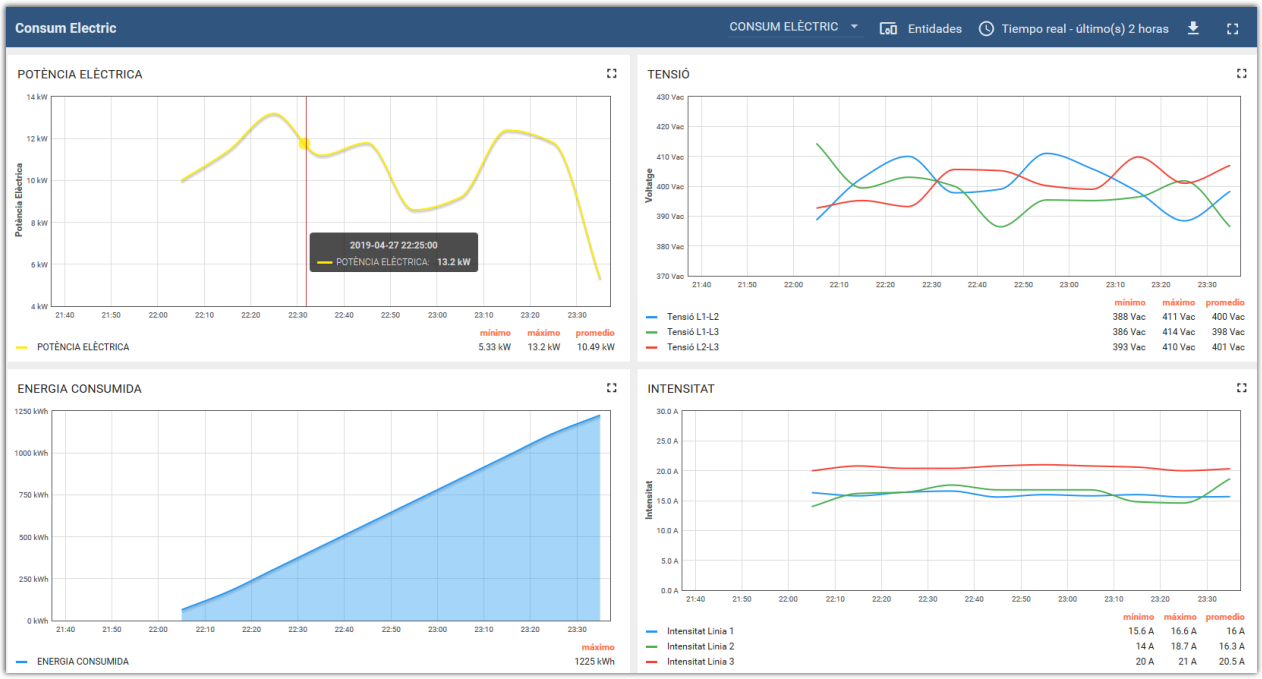


Figura 53. Visualització paràmetres elèctrics des de PC

Figura 54. Visualització del registre de temperatures

Figura 55. Visualització de paràmetres des de telèfon intel·ligent

6. ESTUDI ECONÒMIC DEL PROJECTE

En aquest punt es fa una valoració aproximada del cost total de implantació d'un sistema en una aplicació real. Cal tenir en compte que al tractar-se de instal·lacions que poden tenir diferents tipologies, aquests costos podrien diferir al alça o a la baixa.

La valoració que s'ha realitzat té en compte el material, elements, muntatge i posta en marxa per una instal·lació amb un sòl punt de connexió i captació de dades. Amb això obtindrem un cost unitari per granja, cosa que ens permetrà fer una valoració d'una instal·lació amb múltiples punts de captació de dades.

6.1. Cost de elements de camp

En aquest punt es valoren tots els elements que s'hauran d'instal·lar en l'explotació per tal de supervisar tots els paràmetres descrits en el projecte.

Concepte	Quantitat	Cost/unitari	Cost
Medidor elèctric trifàsic	1	176.00 €	176.00 €
Sonda Humitat / Temperatura	2	275.00 €	550.00 €
Sonda de CO2	1	186.00 €	186.00 €
Nivell Aliment Sitja	1	102.00 €	102.00 €
Medidor de pressió	1	65.00 €	65.00 €
Caudalimetre aigua	1	135.00 €	135.00 €
Conjunt de cèl·lules de càrrega 10.000kg	1	1,789.00 €	1,789.00 €
PLC Compatce Siemens	1	247.00 €	247.00 €
RaspBerryPi	2	46.00 €	92.00 €
Node Lora Lopy4	2	36.00 €	72.00 €

COST DE ELEMENTS DE CAMP	**3,414.00 €**

6.2. Cost de muntatge i conexionat dels elements

En aquest apartat inclou el material auxiliar i les hores de treball de operari qualificat pel muntatge de tots els elements de camp.

Concepte	Quantitat	Cost/unitari	Cost
Material per cablejat de componentes	1	658.00 €	658.00 €
Hores de conexionat i instal·lació	40	27.80 €	1,112.00 €

COST DE MUNTATGE i CONEXIONAT DELS ELEMENTS	**1,770.00 €**

6.3. Cost de programació i posta en marxa

En aquest apartat s'inclou tot el referent en la posta en marxa lògica del sistema. És a dir, tota la part de programació i de lògica per fer que els equips gestionin la informació de forma correcte.

Concepte	Quantitat	Cost/unitari	Cost
Programació i posta en marxa del sistema	24	36.00 €	864.00 €

COST DE PROGRAMACIÓ i POSTA EN MARXA	**864.00 €**

6.4. Cost total de la proposta

Aquest seria el cost total d'una solució unitària per la supervisió d'una instal·lació.

Concepte	TOTAL
ELEMENTS DE CAMP	**3,414.00 €**
CABLEJAT I MUNTATGE	**1,770.00 €**
TOTAL PROGRAMACIÓ i POSTA EN MARXA	**864.00 €**

TOTAL DE LA SOLUCIÓ	**6,048.00 €**

6.5. Consideracions

A la pràctica, s'hauria de tenir en compte els requeriments reals de cada instal·lació per tal de fer una valoració més ajustada i adaptada a les necessitats reals del client. A més a més, a partir d'un cert volum de negoci, es podrien rebaixar significativament els costos globals del sistema. En un entorn d'empresa es podrien fer un seguit de plantejaments que ens permetrien millora el cost real de les instal·lacions.

- Disposa de mà d'obra especialitzada. Operaris amb coneixements de la instal·lació a realitzar, per tant, més eficients a la hora de realitzar-la.
-
- Solució estandarditzada. Al estandarditzar una solució, es reduirien dràsticament els costos de instal·lació i posta en marxa del sistema.

- Major volum de negoci. Millora de la negociació de preus amb proveïdors.

7. CONCLUSIONS

Un cop fet tot el plantejament i testejada la solució plantejada, podem veure la gran millora que podria representar l'aplicació d'aquests sistemes en una explotació existent. Com s'ha plantejat al inici, els costos a mig/llarg termini, de la producció de carn, tendiran a l'alça. Aquest sistema dona la possibilitat a petits i mitjans productors, a disposa de dades històriques i en temps real del seu negoci, i poder prendre decisions basades en elles.

Al tractar-se d'un plantejament fet amb aplicacions estandarditzades, seria fàcil adaptar-ho a altres aplicacions, com poden ser, granges d'aviram, granges de vedells, hivernacles, cultius.... qualsevol aplicació on es requereixi la obtenció i emmagatzemen de dades.

Al final, es important entendre que la única manera de prendre bones decisions és disposar d'informació suficient per tenir una visió global del nostre procés, empresa, granja, fàbrica..... i poder determinar en quins punts és possible millorar. Això, que abans estava reservat a les grans empreses, ara esta a disposició de qualsevol persona/empresa, sigui del sector que sigui.

8. POSSIBLES MILLORES

Durant el transcurs del disseny de l'aplicació, ens hem adonat de possibilitats de millora del sistema, que ja sigui per temps o recursos no hem pogut portar a terme, però que en futurs plantejament seria bo tenir-les en compte.

Sistemes de Reporting Automàtic. Al emmagatzemar la informació en una base de dades relacional estandarditzada (SQL) seria fàcil implementar un sistema de reporting automàtic que generi informes de forma periòdica de les dades emmagatzemades pel sistema. Per exemple, per mitjà del Power BI de Microsoft seria possible realitzar informes de temperatura, consum d'aigua i electricitat, consum de pinso....

Aquest informe seria enviat, per exemple cada setmana, de forma automàtica en format .pdf al email del client.

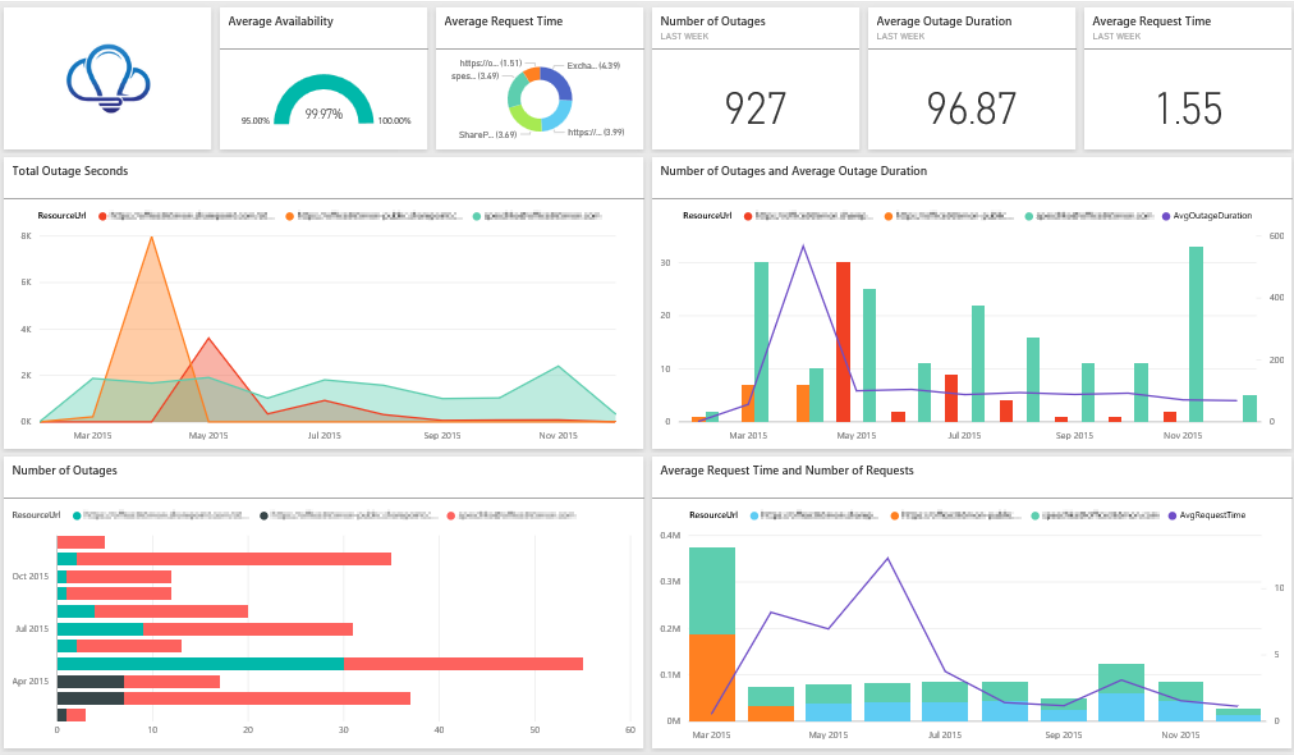


Figura 56. Exemple de Report automàtic de Power BI de Microsoft

Avisos. Al registrar tots els paràmetres de funcionament de la instal·lació, podríem generar avisos de mal funcionament de diferents punts. Per exemple, consum excessius, fora de les mitjanes estadístiques que tinguem registrades. Avis de possibles fugues d'aigua... Avis de nivells de CO2 massa alts... etc.

Controls automàtics. Es podria automatitzar el funcionament de determinats elements de la instal·lació. Per exemple, si l'operari es deixa la llum encesa, podríem programar una aturada al cap de X temps. D'aquesta forma reduiríem els consum energètics de la instal·lació. Aturar els sistemes d'alimentació de pinso en cas de que aquest estigui engegat més temps del programat, o que detectem un volum dosificar molt superior a la mitjana estadística que tinguem registrades.

És important dir, que tenint en compte que el sistema esta específicament dissenyat per la monitorització de paràmetres, no seriem partidaris de fer controls de sistemes crítics de la instal·lació, com per exemple sistemes de bombeig d'aigua, de dosificació de medicament, de control de ventilació.... ja que tot i ser sistemes bastant robustos, no són sistemes pensats per garantir una fiabilitat del 100%, com seria el cas de PLC Industrials..... Som més partidaris de fer controls lògics de forma local, amb PLC o dispositius de fiabilitat contrastada, i utilitzar el sistema que plantegem com a sistema de captació i emmagatzematge de dades i control d'instal·lacions no crítiques.

Control d'accés de personal. Es podria connectar un sistema de control d'accessos que ens permetés registrar els accessos a les instal·lacions. Això ens permetria avaluar la productivitat i implicació del personal, així com determinar el temps mínim necessari per la correcte supervisió de la instal·lació.

Control de portes d'accés. Es podrien incorporar sensor a les portes d'accés per tal de avisar de possibles entrades no programades a la instal·lació. Això podria ser utilitzat com a alarmes de bioseguretat en cas de intrusions en les instal·lacions fora de les hores programades.

Al final, les possibles aplicacions ja no depenen de la tecnologia disponible, sinó de la capacitat imaginativa que un tingui....

L'Internet of Things (IoT) és un camí que tot just esta començant i que no sabem realment fins on ens pot portar....

9. BIBLIOGRAFIA

https://thingsboard.io/

https://lora-alliance.org/

https://www.python.org/

https://www.raspberrypi.org/

https://nodered.org/

https://docs.pycom.io/

http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/ramaderia/sectors-ramaders/porci/

https://es.wikipedia.org/

https://www.sigfox.es/

https://www.industry.siemens.com/automation/aan/es/automation-systems/industrial-automation/

https://www.ubuntu.com/

https://micropython.org/

https://accent-systems.com/es/nb-iot/

http://mqtt.org/

https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI

https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet

https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/