



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

SISTEMA PER A LA MONITORITZACIÓ DEL BESTIAR EN UNA EXPLOTACIÓ RAMADERA EXTENSIVA BOVINA

Treball Final de Màster



Master in
Key Enabling
Technologies
4 Food and
+ Bioprocesses

Autora: Anna Serradell i Vidal

Directors: Marcos Quílez i Figuerola

Rafael Vidal i Ferré

Castelldefels, 20 d'octubre del 2020

RESUM – PARALUES CLAU

Resum

El present document és un treball d'investigació en el qual s'estudien les possibles alternatives per aplicar les tecnologies digitals en el món ramader. Pretén presentar una proposta de disseny per una eina que ajudaria a solucionar certs problemes detectats a la ramaderia extensiva bovina, de manera fàcil, còmoda i econòmica.

En el món de la ramaderia extensiva bovina una de les tasques en les quals es destina més temps és a la localització i vigilància del ramat en els camps de pastura per tal d'assegurar la seva presència i l'estat de salut de la vaca. Unes de les solucions que ajudaria i trauria moltes hores de feina seria tant la geolocalització del bestiar com la comprovació de què el filat de la finca funcionés correctament així com el tancament correcte de les portes. En el cas que el filat no funcioni adequadament, el sistema permet determinar el tram de l'avaria (trencament de fil, porta mal tancada, arbre caigut...), i així poder anar directament al lloc on hi ha hagut la incidència.

Paraules clau:

Ramaderia extensiva

LoRa

GPS

Localització

Tancat elèctric

Resumen

El presente documento es un trabajo de investigación en el que se estudian las distintas alternativas para aplicar las tecnologías digitales en el mundo ganadero. El propósito de este trabajo es presentar una propuesta del diseño de una herramienta cómoda y económica como solución a las problemáticas previamente expuestas.

En el mundo del ganado bovino en régimen extensivo, una de las tareas a las que se destina más tiempo es a la localización y vigilancia del ganado en los campos de pastura para asegurar la presencia de la vaca y el buen estado de salud de esta. Tecnologías que aliviarían la carga de trabajo sería tanto la geolocalización del ganado como la aplicación de mecanismos que faciliten la comprobación del correcto funcionamiento del cercado eléctrico y del cierre de las puertas de la finca. En el caso de que el cercado eléctrico no funcionase adecuadamente, el sistema permitiría determinar el tramo en el que se encuentra la avería (rotura de hilo, puerta mal cerrada, árbol caído...) y así poder ir directamente al lugar donde está la incidencia.

Palabras clave

Ganadería extensiva

LoRa

GPS

Localización

Cercado eléctrico

Abstract

The purpose of this document is to research and examine possible alternatives for applying digital technologies to the livestock world. A design proposal for the problems that most affect this sector will be explained. This work aims to design a tool that would help solve certain problems in extensive livestock farming in an easy, comfortable and economical way.

In a world of extensive cattle livestock production, farmers spend a lot of time locating and monitoring the herd in order to ensure their presence and health. A solution that could reduce the amount of time spent doing this task is a geolocation technology that tracks the livestock, verifies the yarn of the farm works properly and the doors to the facility close correctly. In the event that the fence does not work properly, the system can determine the section/area of malfunction (a broken wire, badly closed door, fallen tree etc.). Using this digital technology could increase productivity and efficiency in the workplace and save many hours that could be used to focus on other responsibilities.

Keywords

Extensive livestock farming

LoRa

GPS

Localization

Fence

TAULA DE CONTINGUT

1.	INTRODUCCIÓ.....	10
1.1	Motivació.....	10
1.2	Estat del sector.....	10
1.2.1	Visió general.....	10
1.2.2	Problemàtica.....	11
1.3	Objectius.....	11
1.3.1	Objectius generals.....	11
1.3.2	Objectius específics.....	12
2.	ESTAT DE L'ART.....	13
2.1.	Localització del bestiar.....	13
2.1.1.	Geolocalització.....	13
2.1.2.	Tecnologia RFID.....	14
2.2.	Mecanisme de limitació del terreny.....	14
2.2.1.	Tancats elèctrics.....	15
2.2.2.	Tancats virtuals.....	16
2.3	Comunicació al món rural.....	17
2.3.1	GSM/GPRS.....	17
2.3.2	NB-IOT.....	18
2.3.3	Sigfox.....	18
2.3.4	LoRa.....	19
3.	PROPOSTA DE DISSENY.....	21
3.1	GPS tracker amb targeta SIM.....	21
3.1.1	Tecnologia utilitzada.....	21
3.1.2	Dispositius del sistema.....	21
3.1.3	Hardware utilitzat:.....	23
3.1.4	Software utilitzat.....	23
3.2	Dispositiu per a detectar pèrdues d'electrificació del tancat.....	24
3.2.1	Tecnologia utilitzada.....	24
3.2.2	Dispositius del sistema.....	24
3.3	Sistema de comunicació.....	26
3.3.1	Diagrama de blocs.....	26
3.3.2	Hardware utilitzat.....	27
3.3.3	Software utilitzat.....	28
3.3.4	Topologia.....	29

3.3.5	Configuració del sistema de comunicació	29
4.	VIABILITAT DEL PROJECTE	30
4.1	Viabilitat GPS tracker amb targeta SIM	31
4.2	Viabilitat del monitor de tancats elèctrics.....	31
4.2.1	Esquema de connexions	32
4.2.2	Configuració Arduino.....	34
4.3	Viabilitat del sistema de comunicació LoRa	35
4.3.1	Validació.....	36
5.	CONCLUSIONS.....	40
6.	REFERÈNCIES	41

LLISTA DE FIGURES

Figura 1 Collar GPS, projecte Digitanimal.....	13
Figura 2 “Fault finder” detector portàtil de detecció de falles	16
Figura 3 Tancat virtual definida per una sèrie de coordenades Global Navigation Satellite System (GNSS).....	17
Figura 4. Arquitectura de la xarxa SigFox	19
Figura 5 Esquema mode P2P (LoRa)	20
Figura 6 Avantatges respectius de Sigfox, LoRa i NB-IoT en termes de factors IoT ..	20
Figura 7 365GPS G03 mini GSM GPS tracker.....	22
Figura 8 Comprovador de tancats elèctrics.....	24
Figura 9 Circuit d'un detector de cables de xarxa elèctrica	25
Figura 10 Diagrama de bloc del sistema de comunicació del prototip	26
Figura 11 Shield Dragino	28
Figura 12 Arduino UNO	28
Figura 13 Grup receptor: Heltec LoRa 32 (V2).....	28
Figura 14 Tipologia estrella: grup receptor + PC al centre (termianl) i grups emissors al voltant (nodes)	29
Figura 15 Mapa del terreny estudiat.....	30
Figura 16 Dispositiu per detectar pèrdues d'electricitat del tancat.....	32
Figura 17 Esquema Arduino	33
Figura 18 Tipus de resistències: Pull-up i Pull-down	33
Figura 19 Esquema placa Arduino en un sistema amb resistència Pull-up i un amb resistència Pull-down	34
Figura 20 Configuració Pull – down realitzada amb Arduino 1.8.12	34
Figura 21 Mapa de cobertura de Sigfox en el terreny estudiat	35
Figura 22 Mapa del terreny estudiat amb els punts de les proves realitzades.....	39

LLISTA DE TAULES

Taula 1 Llista dispositius necessaris pel funcionament del dispositiu GPS	22
Taula 2 Característiques 365GPS.....	23
Taula 3 Llista dispositius necessaris pel funcionament del dispositiu de comunicació tecnologia LoRa.....	27
Taula 4 Resultats de l'intent A per comprovar la cobertura utilitzant xarxa LoRa	37
Taula 5 Resultats de l'intent B per comprovar la cobertura utilitzant xarxa LoRa	38

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Motivació

Com a societat, no ens sorprèn que la ramaderia extensiva treballi de la mateixa manera que fa 50 anys. No ens sorprèn no tenir cobertura al camp. No ens sorprèn el desinterès de les operadores per millorar les xarxes de comunicacions de la zona. No ens sorprèn la poca digitalització del sector.

Personalment, em sorprèn la quantitat de millores possibles per realitzar al sector ramader i la poca quantitat d'estudis portats a terme. Em sorprèn la il·lusió i l'esperança dels ramaders en veure l'interès d'una persona amb emprenedoria per intentar ajudar el sector. Em sorprèn que les millores trobades no necessitin de la tecnologia més capdavantera, sinó d'una tecnologia que ja fa anys que està al mercat. Em sorprèn la facilitat amb què es poden dur a terme.

És per això que, mitjançant els coneixements rebuts durant el curs acadèmic, m'embarco a buscar una solució a algunes de les principals problemàtiques del sector de la ramaderia extensiva.

1.2 Estat del sector

1.2.1 Visió general

Fins el dia d'avui, podríem dir que la innovació en el sector ramader s'ha centrat principalment en la ramaderia intensiva o industrial. En els darrers 15 anys s'ha vist un canvi total en la majoria d'explotacions intensives, tant en la gestió com en les infraestructures. Hi ha hagut una disminució dràstica del nombre d'explotacions i un increment de cens d'animals a les explotacions que han pogut sobreviure. Es comença a viure una revolució basada en l'aplicació de noves tecnologies orientades a monitoritzar i digitalitzar les explotacions. És el que anomenem Ramaderia 4.0. L'aviram, el porcí i el vaquí de llet són exemples d'aquest canvi.

La ramaderia extensiva és una ramaderia totalment diferent a la intensiva. Fa servir molts recursos naturals, molta extensió de terres, escassa mà d'obra, poc qualificada i molt poques infraestructures. En el nostre país aquesta ramaderia es practica principalment en quatre espècies: l'oví i el boví, que tenen un gran assentament en els nostres prats i boscos; el porcí extensiu (Ibèric) i el cabrú, tenen molt poca importància.

L'oví passa per un mal moment. És una carn cara de produir, té un consum molt reduït i uns preus molts baixos, a més a més d'una mà d'obra escassa i falta d'innovació. Des del punt de vista mediambiental és l'espècie més interessant per a la conservació del nostre medi. El boví extensiu s'ha adaptat a la diversitat d'entorns de la nostra terra, amb moltes variants d'explotacions, depenent de la zona i el medi en que es troba.

Les dues espècies reben ajudes directes i indirectes que fan més rendible la seva cria. Tot i les ajudes, la disminució de la quantitat econòmica d'aquestes ha fet disminuir el nombre d'explotacions i ha incrementat la seva grandària en els darrers anys. L'habilitat del ramader en gestionar les subvencions i la venda dels vedells, juntament amb l'optimització dels paràmetres tècnics clàssics del maneig, condicionen totalment els resultats econòmics.

La ramaderia extensiva és un sector que ens ofereix productes de gran qualitat, gràcies a les condicions en les que creixen i s'alimenten els animals. A més, adaptada a l'entorn i lligada a la regió genera un valor socioeconòmic a la zona. Es pot afirmar que, la ramaderia extensiva necessita una modernització que tregui profit de les noves tecnologies presents a la nostra societat per a poder optimitzar els recursos, millorar la rendibilitat i l'eficiència de les explotacions.

1.2.2 Problemàtica

Els punts principals a tractar en aquest treball estan enfocats a la millora del rendiment econòmic introduint tecnologia per reduir hores de treball.

Ens centrarem en les problemàtiques de la localització del bestiar, en la funcionalitat del filat i indirectament, el problema que causa una cobertura limitada en el món rural.

1.3 Objectius

1.3.1 Objectius generals

- Identificar les principals problemàtiques del sector de la ramaderia extensiva.
- Identificar noves solucions als problemes aplicant tecnologies TIC per desenvolupar una millora a la realitat existent.
- Presentar una proposta de disseny d'un prototip aplicant tecnologies TIC.

1.3.2 Objectius específics

- Identificar els principals problemes dels tancats elèctrics, de la localització del bestiar i de la xarxa de comunicacions al món rural.
- Identificar tecnologies per reduir el temps invertit pel ramader en els tancats elèctrics i la localització de les vaques.
- Identificar un sistema de comunicacions apropiat per la ramaderia 4.0.
- Validar l'operativa del prototip presentat.

2. ESTAT DE L'ART

Per realitzar l'estudi de l'estat de l'art, ens centrem en tres factors principals anomenats anteriorment com a problemàtics. S'investiga del que s'ha fet fins el moment per seguir treballant i buscar la millor alternativa.

2.1. LOCALITZACIÓ DEL BESTIAR

2.1.1. Geolocalització

Els receptors GPS (Global Positioning System) proporcionen la localització determinant la distància a la qual es troben respecte diversos satèl·lits, amb una precisió de pocs metres. A grans trets, el sistema funciona de la següent manera. Els receptors estan programats per saber on es troben els satèl·lits GPS en cada moment. Els satèl·lits transmeten via ràdio informació sobre la posició i el temps actual. Els receptors detecten aquesta senyal de tornada i calculen la distància que té cada satèl·lit mitjançant el temps que ha tardat en arribar la seva senyal. Així, un cop té 3 senyals, pot identificar la seva ubicació a la Terra com la intersecció de 3 esferes que tenen com a radi les distàncies calculades.



Figura 1 Collar GPS, projecte Digitanimal (15)

Existeixen collars amb GPS integrat (figura 1) per poder observar la localització dels animals. Aquests collars, a més d'un receptor de GPS tenen algun transceptor ràdio que permet enviar la posició del bestiar utilitzant la xarxa d'un operador. Les bateries són el principal factor limitant. La utilització de GPS comporta un alt consum energètic. Els avenços tecnològics recents podrien fer factible el seguiment en temps real sobre qualsevol terreny.

2.1.2. Tecnologia RFID

La identificació per radiofreqüència (RFID) sense contacte és una eina utilitzada en molts àmbits. Un d'ells és la ramaderia. L'RFID és útil per a la identificació dels animals. Hi ha una norma ISO (1), un estàndard internacional, per a la identificació d'animals mitjançant RFID.

La tecnologia RFID permet el registre automàtic, nacional i internacional, de l'origen i el moviment d'animals. A més, un cop s'ha realitzat l'etiquetatge, escanejat i registrat en una base de dades, l'animal pot ser monitoritzat tant en els seus moviments com en accions de menjadores, cosa que ajuda a identificar i obtenir dades, amb les quals es poden obtenir estadístiques i treure'n conclusions envers la salut de l'animal.

Aquesta tecnologia es podria enfocar a la ramaderia extensiva i utilitzar-la per fer un seguiment dels animals. La utilitat d'aquest seguiment en la ramaderia extensiva s'aplicaria en controlar el bestiar: quins animals han entrat a la granja, quins animals han canviat de zona de pastura, un millor control de tot el ramat durant la transhumància, etc..

El sistema RFID està compost per un lector (interrogador), pot llegir i escriure dades, i un transmissor (tag, etiquetes, chips), que respon al lector. En el nostre cas, el lector estaria situat a les portes de pas i el transmissor com a cròtal. Així doncs, cada vegada que l'animal creués la porta, quedarien les dades registrades. Per altra banda es necessita un dispositiu amb un software per emmagatzemar i processar les dades rebudes.

Aquesta és una tecnologia ja existent i aplicada en molts àmbits però no s'ha trobat cap experiència d'aplicació en ramaderia extensiva. La millora generada és considerable: control aproximat de la localització del bestiar boví.

2.2. Mecanisme de limitació del terreny

En la ramaderia extensiva, hi ha l'opció de delimitar el terreny de pastura utilitzant principalment tancats elèctrics. En els darreres anys, han aparegut noves alternatives amb el mateix enfocament però utilitzant noves tècniques. Aquest és el cas dels tancats virtuals.

Indiferentment del seu tipus, l'objectiu del tancat és controlar el bestiar i, alternant les zones delimitades, cosa que permetre la rotació del bestiar per optimitzar els recursos naturals del terreny, intensificant així el rendiment dels prats.

2.2.1. Tancats elèctrics

Un tancat elèctric funciona gràcies al principi de descàrregues elèctriques d'impulsos de l'ordre del kilovolt, amb una durada de menys d'1 ms i una freqüència de repetició d'1 Hz a 2 Hz. La intensitat arriba a 10 A. La durada d'aquests impulsos és molt curta, de forma que la seva energia és molt petita (entre 1 J i 15 J aproximadament) i no suposa cap perill per a l'animal que rep la descàrrega.

Un tancat elèctric està format per un alimentador (font d'energia) o generador que subministra impulsos elèctrics al filat. Aquesta font s'alimenta de la xarxa elèctrica o d'una bateria amb carrega convencional o a partir de panells solars. Un dels terminals del generador està connectat al tancat i l'altre es connecta a una pica clavada a terra. El corrent circula a través del cable del tancat (filat) elevat del terra amb pals de fusta, ferro o plàstic que el sustenten uns aïlladors per on passa el fi, i es tanca a través del terra. Quan un animal entra en contacte amb el filat, el mateix animal tanca el circuit cap a terra i rep una descàrrega elèctrica. Aquesta acció provoca a l'animal una associació negativa que fa que els animals tendeixin a no apropar-se a la tanca.

Els avantatges d'aquest sistema són clars: un millor aprofitament dels camps, gràcies a la delimitació del ramat, control del bestiar i una reducció de mà d'obra dedicada a la cura del ramat. La instal·lació del tancat elèctric és senzilla i no suposa una gran inversió econòmica. És fàcil d'operar. No es requereixen grans coneixements elèctrics per al seu funcionament.

La utilització d'aquest sistema també implica un seguit d'inconvenients. Els principals són els que comporta el seu manteniment: el temps invertit en trobar on hi pot haver una possible pèrdua de corrent, la fuga del ramat pel trencament del fil o per una porta mal tancada, i ser una barrera física per la vida de la fauna de la zona.

Perquè un tancat elèctric funcioni correctament, és necessari que el cable conductor presenti continuïtat elèctrica en tot el perímetre que es vol delimitar. Si, per qualsevol motiu es perd aquesta continuïtat, el tram de cable que no està connectat a la font de polsos deixa d'estar electrificat i el tancat perd la seva funció.

Els motius més habituals d'incidències amb el cable conductor són les interrupcions degudes a un trencament del cable i les interrupcions degudes a que algú ha obert una porta del tancat i no l'ha tornat a tancar. També pot passar que una planta o un arbre caigut, toquin el filat i produeixin algun tipus de curtcircuit continuat amb el terra. En aquest cas, a partir d'aquest punt, el cable tampoc està correctament electrificat i el tancat no és efectiu.

Existeixen diferents solucions comercials que ajuden a detectar i localitzar aquest tipus d'incidències (com per exemple "Fault finder" (2)). Aquests productes, però requereixen que el ramader es desplaci al tancat i utilitzi els aparells a peu d'instal·lació. Cap dels productes esmentats estan pensats per a treballar de forma permanent i automàtica, i enviar una alerta al ramader amb la ubicació aproximada de l'avaría.



Figura 2 "Fault finder" detector portàtil de detecció de falles (2)

2.2.2. Tancats virtuals

Un tancat virtual es podria definir com una tanca elèctrica sense barrera física, és a dir, sense filat. Funciona mitjançant la tecnologia GPS. Detecta la posició de l'animal. Si aquest ha passat el límit marcat virtualment, rep un estímul mitjançant un dispositiu al coll. Primer s'emete un avís auditiu. En el cas que l'animal seguís avançant, s'emetria un impuls elèctric (2). L'animal és capaç d'associar ràpidament l'avís auditiu amb l'impuls elèctric. És capaç de modificar el seu comportament mitjançant l'aprenentatge associatiu per evitar rebre més impulsos elèctrics.

És una alternativa de tanca que respecta el benestar de l'animal. Ens permet evitar el temps invertit en el manteniment constant del tancat elèctric, una major flexibilitat en les divisions dels camps i la lliure circulació tan de la fauna com de les persones.

D'altra banda, aquesta solució requereix una forta inversió inicial per a adquirir un aparell per cada animal del ramat. A part, són necessaris coneixements tècnics per la programació de l'aparell i la seva adaptació a un camp en particular. L'inconvenient principal, però, és la disponibilitat de cobertura per a poder enviar les dades.

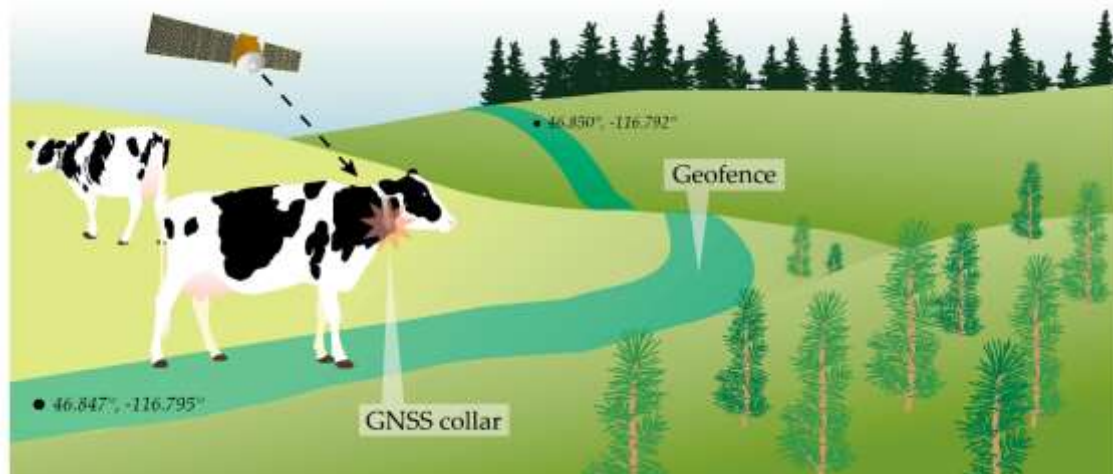


Figura 3 Tancat virtual definida per una sèrie de coordenades Global Navigation Satellite System (GNSS¹) (2)

2.3 Comunicació al món rural

2.3.1 GSM/GPRS

El Sistema Global per a Comunicacions Mòbils (GSM) és un estàndard molt utilitzat, també conegut com a 2G. La banda de freqüència en la que opera el GSM difereix segons el territori.

GSM combinat amb GPRS (General Packet Radio Service) ofereix un servei de veu, SMS/MMS i dades. Perquè l'estació mòbil funcioni és necessari una targeta SIM (Subscriber Identity Module), que conté la informació sobre l'usuari. Informació referent a l'operador amb el que s'ha fet el contracte, tipus de contracte, l'identificador internacional, etc..

Com a principal inconvenient parlem sobre un tipus de comunicació que utilitza bandes de freqüència amb llicència. Es tracta d'un servei universal privat: tothom pot tenir una subscripció vinculada a una operadora. El problema ve relacionat amb la operadora i la cobertura que ofereix: l'operadora és qui col·loca les antenes als llocs estratègics per cobrir una determinada zona d'interès. El món rural i en particular el de difícil relleu no és una zona massa interessant a cobrir (de moment). Per aquesta raó, és una zona de pobra cobertura degut a la baixa inversió per les companyies (recursos mínims).

¹ GNSS tecnologia basada en els satèl·lits que proporcionen informació de posicionament i temporització als receptors. Aquests utilitzen aquestes dades per determinar la ubicació.

2.3.2 NB-IOT

Narrowband-IoT (NB-IoT) és un estàndard més recent pensat específicament per oferir servei de dades de molt baixa velocitat a dispositius que necessiten connectar-se a xarxes mòbils. Com GSM/GPRS, es tracta d'una tecnologia de xarxa pública i banda amb llicències, que necessita d'una targeta SIM.

Té uns temps de resposta ràpids i garanteix una bona qualitat de servei. Algunes de les especificacions de disseny de NB-IoT fan difícil enviar grans quantitats de dades a un dispositiu. És una bona opció per activitats estàtiques, com podria ser sensors en una ubicació fixa (3).

Actualment, no és una xarxa de comunicació viable al món rural. NB-IoT depèn de la cobertura 4G, fet que comporta una molt bona cobertura en entorns urbans però també, dolenta en el món rural.

2.3.3 Sigfox

Sigfox s'ha convertit en els darrers anys en una de les tecnologies principals de les anomenades xarxes baixa potència i gran abast (LPWAN, Low-Power Wide-Area Network). Es tracta d'una solució madura amb molt baixa capacitat, baix preu, cobertura internacional, que funciona com una xarxa pública en bandes gratuïtes de tipus ISM² (Industrial, Scientific and Medical) que varien en funció de la zona del món. Un únic operador controla l'ús de la xarxa que permet enviar dades a dispositius molt limitats en prestacions.

L'arquitectura de xarxa comprèn dispositius, estacions base i una xarxa principal (figura 4). Per donar cobertura al territori, el proveïdor del servei de Sigfox instal·la una sèrie d'estacions base. Aquestes permeten escoltar i rebre els missatges dels dispositius, que han estat prèviament registrats. La xarxa no està sincronitzada i un dispositiu pot enviar un missatge en qualsevol moment. Per evitar col·lisions, el missatge s'envia tres cops en tres freqüències diferents.

² ISM són bandes reservades internacionalment per l'ús no comercial de radiofreqüència electromagnètica en àrees industrials, científiques i mèdiques. Actualment, aquestes bandes han estat popularitzades pel seu ús en comunicacions WLAN o WPAN, com per exemple el Wi-Fi en WLAN i el Bluetooth en WPAN. L'ús d'aquestes bandes de freqüència està obert a tot el món, sense la necessitat de llicència, respectant les regulacions que limiten els nivells de potència transmesa.

Mitjançant la modulació de banda ultra estreta (Ultra Narrow Band) Sigfox transfereix dades a una velocitat de 100 o 600 bits per segon, depenent de la regió, a distàncies de desenes de quilòmetres d'una manera molt robusta utilitzant poca energia.

Per altra banda, un factor negatiu és el fet que el nombre de missatges enviats al dia està limitat i que aquests són petits, de desenes de bytes. També l'elevada latència que pateixen aquests missatges. Per una banda, per la velocitat d'enviament de les dades, molt baixa. Per altra, degut al "duty cycle"³ que s'aplica a les bandes ISM utilitzades. Per exemple, per la banda de freqüències ISM utilitzada a Europa, la de 868 MHz, cal aplicar un "duty cycle" de l'1%. És a dir per cada segon que estem enviant, caldria estar-ne 99 sense fer-ho. Depenent de l'activitat a realitzar podria ser un inconvenient.

Una altra limitació és el fet que la xarxa Sigfox no està desplegada a tot arreu. Hi ha la possibilitat de no tenir cobertura justament al punt on es vol realitzar l'activitat.

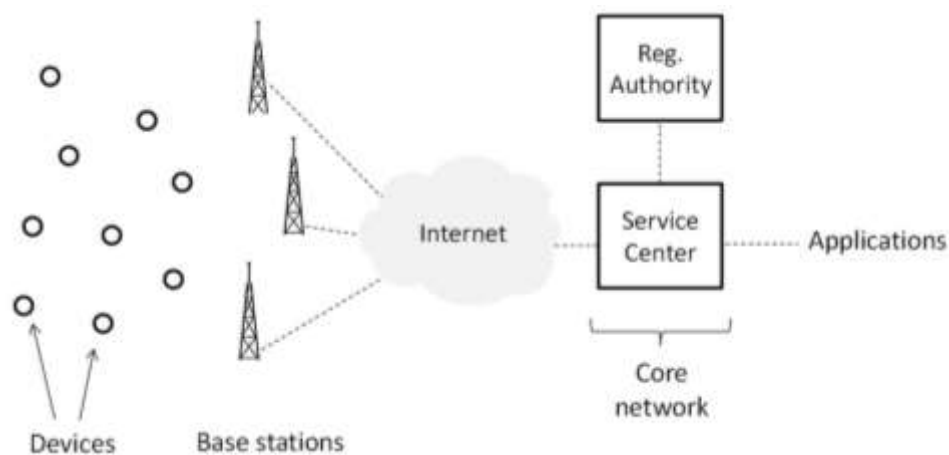


Figura 4. Arquitectura de la xarxa SigFox (4)

2.3.4 LoRa

Com Sigfox, LoRa és una tecnologia LPWAN. Permet enviar dades a llarga distància, de desenes de quilòmetres, amb velocitats de transmissió extremadament baixes, de centenars o algun miler de bits per segon. Permet configurar més o menys velocitat, el què en contrapartida, es converteix en menys o més cobertura, respectivament, utilitzant sempre el mateix espectre (250 KHz) situat en una banda ISM que varia en funció de la zona geogràfica del món. Es pot utilitzar com a xarxa pública tot i que algunes operadores estan començant a oferir cobertura amb xarxes LoRa (LoRaWAN) en certes àrees.

³ Duty cycle és la relació que existeix entre el temps en que la senyal es troba en estat actiu i el període de la mateixa.

D'aquesta manera permet configurar una determinada velocitat de dades i potència de transmissió per optimitzar el rendiment de la xarxa per un escenari concret. Una altra aspecte significatiu d'aquesta tecnologia és la seva elevada latència. Per una banda degut als elevats temps de transmissió, sobretot per a configuracions en què es maximitzi la cobertura i també per la banda de freqüències ISM (5) que utilitzarem (868 MHz), cal aplicar un "duty cycle" de l'1%.



Figura 5 Esquema mode P2P (LoRa) (6)

Aquestes característiques poden ser limitant en algunes activitats on es necessita un enviament de dades constant i ràpid. A diferència de GPRS, NB-IoT i Sigfox, LoRa si que permet crear una xarxa pròpia, sense necessitat d'un operador. Això tant podria ser un desavantatge com un avantatge, depenent dels interessos i coneixements de la persona interessada. Un desavantatge seria la dependència que hi ha amb l'operador en el cas que s'utilitzés xarxes privades o la necessitat d'uns mínims coneixements en el cas que es crees una xarxa pròpia.

A la figura 6 es pot veure una comparativa entre les 3 tecnologies dissenyades per connectar dispositius, NB-IoT, Sigfox i LoRa

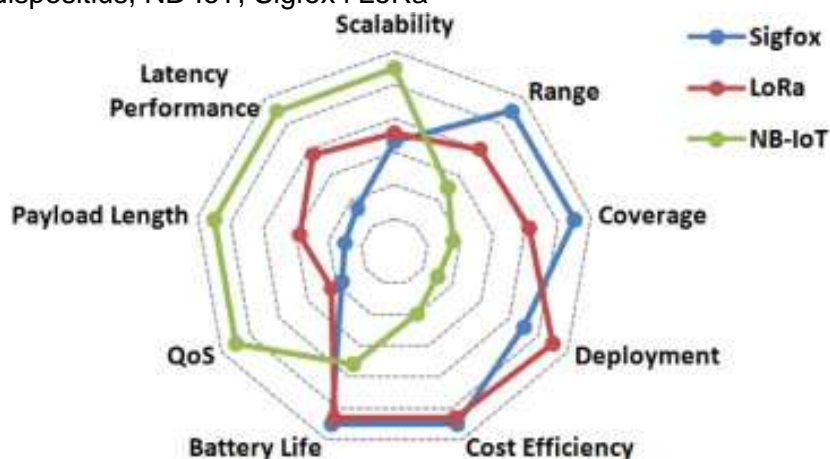


Figura 6 Avantatges respectius de Sigfox, LoRa i NB-IoT en termes de factors IoT (7)

3. PROPOSTA DE DISSENY

En aquest capítol es presenta les solucions tecnològiques per cobrir les problemàtiques explicades anteriorment. El GPS tracker és la solució per cobrir la necessitat de la localització del bestiar de manera telemàtica. El dispositiu per detectar pèrdues d'electrificació del tancat és l'eina utilitzada per trobar el punt de pèrdua de corrent i així saber on s'ha trencat el fil del tancat elèctric. I, finalment, per connectar aquestes eines es presenta LoRa com a tecnologia pel sistema de comunicació.

3.1 GPS tracker amb targeta SIM

3.1.1 Tecnologia utilitzada

La utilització de la tecnologia GPS és clau. Ens permet localitzar l'animal amb la precisió adient. El mateix sistema detecta si algun animal surt del recinte delimitat.

Aquest sistema va associat directament amb una targeta SIM, és a dir, la seva comunicació es realitza mitjançant una operadora (GSM/GPRS). Principalment, ens pot comportar problemes de cobertura.

Els avantatges d'aquest sistema són la capacitat de localitzar els animals amb gran precisió, amb dispositius de baix cost i amb la facilitat per muntar el sistema.

3.1.2 Dispositius del sistema

A la següent taula (taula 1) s'indica la llista de material necessari per implementar la tecnologia GPS per la geolocalització del bestiar (proposta descrita al punt 2.1.1):

<i>Funció</i>	<i>Material</i>	<i>Referència</i>	<i>WEB o lloc de compra</i>	<i>Preu</i>
<i>Emissor</i>	GPS Tracker	365GPS G03 mini GSM GPS tracker	https://es.aliexpress.com/item/33043057572.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.266b1535pr4tra&algo_pvid=51b78d02-3333-453a-abcf-9e97af1996bf&algo_expid=51b78d02-3333-453a-abcf-9e97af1996bf-25&btsid=0b0a187916029644495064262e2a4f&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_	10 €
	Targeta SIM	-	-	-
<i>Receptor</i>	Telèfon mòbil	-	-	-

Taula 1 Llista dispositius necessaris pel funcionament del dispositiu GPS



Figura 7 365GPS G03 mini GSM GPS tracker (8)

3.1.3 Hardware utilitzat:

Es tracta d'un aparell localitzador de seguiment. Permet determinar la posició geogràfica de l'animal utilitzant la tecnologia GPS i la xarxa de telefonia mòbil (xarxes GSM/GPRS) com a mitjà de transmissió de dades de posició. L'element principal del sistema és una targeta SIM, el transceptor GSM/GRPS, juntament amb un GPS integrat.

Característiques

<i>Tipus de receptor</i>	GSM850/900/1800/1900MHz, treballant amb GPRS 12
<i>Precisió de posició horitzontal (GSM)</i>	<10m
<i>Temperatura de funcionament</i>	-20 °C – 70 °C
<i>Voltatge de funcionament</i>	5V
<i>Corrent d'operació</i>	100 mA a 1000 mA

Taula 2 Característiques 365GPS

3.1.4 Software utilitzat

El sistema està programat per poder saber la ubicació en temps real. Apart de localitzar l'animal, també pot enviar un avís quan l'animal sobrepassa el terreny delimitat, el que es coneix com una geotanca (GeoFence).

El dispositiu anteriorment presentat envia la posició GPS via GSM/GPRS a una plataforma a Internet. La plataforma, anomenada 365gps, es una aplicació que permet interactuar i treballar amb les dades recollides. L'usuari disposa d'una aplicació per al mòbil per accedir-hi. El servei que ofereix és representar la posició de l'animal en un punt concret d'un mapa. A més, té la possibilitat de tenir múltiples mòduls GPS configurats, és a dir, representar múltiples posicions en un mapa.

3.2 Dispositiu per a detectar pèrdues d'electrificació del tancat

3.2.1 Tecnologia utilitzada

El tancat elèctric consisteix en un circuit elèctric amb un sol fil. El generador té un dels seus pols connectat al cable i l'altre pol connectat a una pica clavada al terra. Així, quan un animal toca el fil electrificat, el circuit es tanca a través del seu cos i a través del terra.

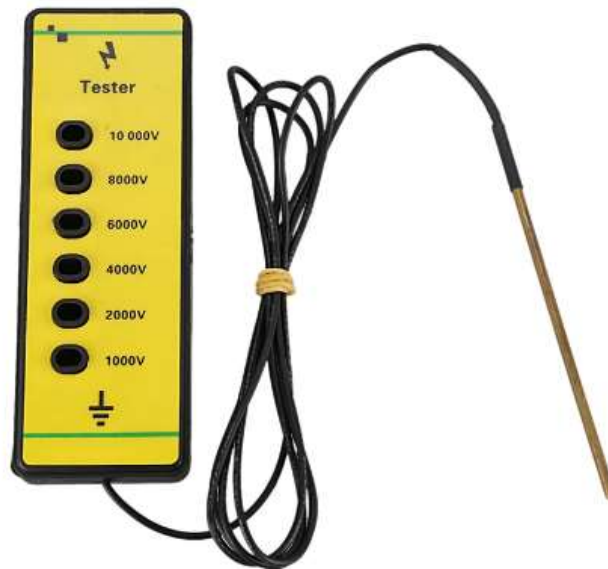


Figura 8 Comprovador de tancats elèctrics (10)

Aquesta disposició recorda la topologia de la xarxa de distribució elèctrica, on el neutre està connectat a terra. Existeixen aparells comercials que aprofiten aquesta connexió a terra i les fuites de corrent que apareixen per tal de detectar la presència de cables soterrats o a l'interior de parets (9). També existeixen comprovadors de tensió de tancats anomenats galvanòmetres. Són capaços de detectar la presència de petits corrents en un circuit tancat, i pot ser adaptat, mitjançant la seva calibració per tal de mesurar la magnitud.

3.2.2 Dispositius del sistema

La nostra proposta consisteix en utilitzar un circuit que, sense necessitat de contacte amb el tancat (aprofitant la capacitat paràsita entre el fil del tancat i un cable del nostre dispositiu), provoqui una petita fuga cap a terra. Si detectem aquest corrent de fuga, significa que el tancat està electrificat. Si pel contrari no es produeix aquesta fuga, podem determinar que el filat no té electrificació i, per tant, hi ha una interrupció entre el generador i el punt on està instal·lat el nostre dispositiu. Afegint l'electrònica de

comunicació necessària, aconseguirem que el nostre dispositiu transmeti una alarma quan detecta alguna incidència. Distribuïnt diversos detectors al llarg del tancat, i observant quins dispositius detecten una situació de defecte podrem afinar la ubicació de l'avaria sense necessitat d'inspeccionar tota la instal·lació.

El sistema utilitzat es basa en el circuit d'un detector de cables de xarxa elèctrica mostrat a la figura 16.

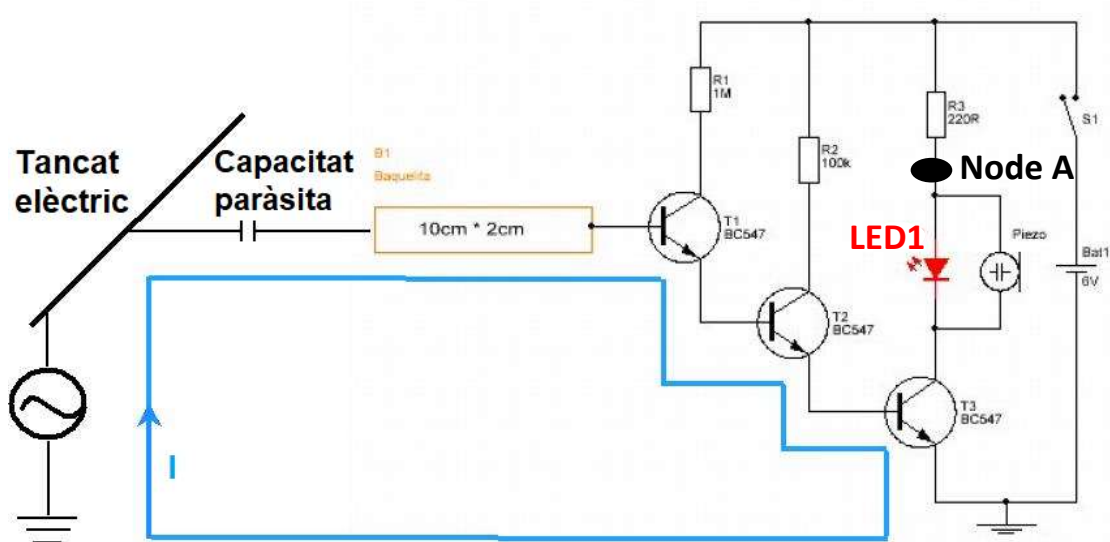


Figura 9 Circuit d'un detector de cables de xarxa elèctrica (9)

Si el tancat està correctament electrificat, apareixerà una corrent de fuites que es tancarà a través el terra (figura 9). Aquest corrent és amplificat pels transistors i el led (LED1) s'il·lumina. En cas contrari, el led es manté apagat. Només caldrà afegir l'electrònica necessària per a detectar l'estat del led (octoacoplador) i un mòdul de comunicació que transmeti una alarma en cas d'incidència.

Aquest dispositiu estaria contínuament supervisant la correcta electrificació del tancat i, en cas de detectar una situació de falta de tensió, enviaria un senyal d'alerta. Atenent a aquest funcionament ens referirem a aquest sistema com a "monitor de tancat elèctric".

3.3 Sistema de comunicació

3.3.1 Diagrama de blocs

El sistema de comunicació està format per grups emissors i un grup receptor. Cada un d'ells té un microcontrolador Arduino juntament amb un transceptor LoRa.

El sistema de comunicació està format per grups emissors i un grup receptor. Cada un d'ells té un microcontrolador Arduino juntament amb un transceptor LoRa.

- **Grup emissor:** envia les dades. Està format per una placa Arduino enllaçada al dispositiu de control, el grup transceptor LoRa i a un sistema d'alimentació. Quanta més precisió es vulgui per detectar els problemes, més grups emissors caldran en una mateixa zona delimitada.

- **Grup receptor:** està format per una placa Arduino i un transceptor LoRa, un ordinador amb sistema operatiu Windows i connectivitat a internet, una base de dades i un programa per visualitzar-los via web. Les dades rebudes pel transceptor són enviades al PC pel port sèrie mitjançant Arduino i es pujaran a una base de dades. Una vegada guardats, es sincronitzen amb un programa web per visualitzar-los en format gràfic.

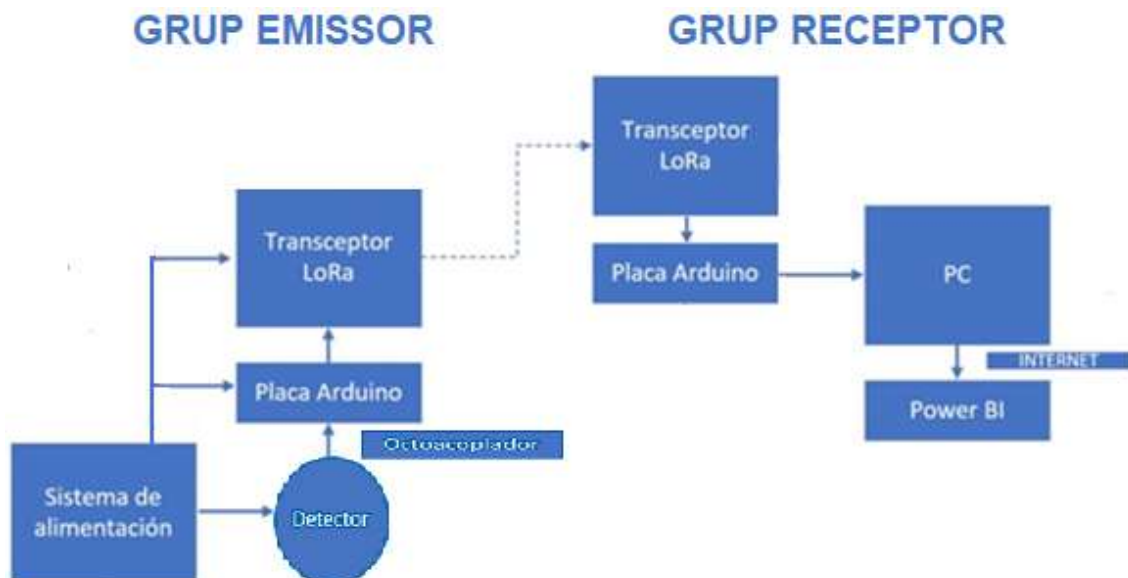


Figura 10 Diagrama de bloc del sistema de comunicació del prototip

En els dos casos, els sistemes d'alimentació consistirien en bateries que es podrien recarregar mitjançant l'ús de plaques solars.

3.3.2 Hardware utilitzat

La idea del projecte és poder muntar de manera autònoma i autodidàctica un sistema per monitoritzar i controlar l'estat de les tanques elèctriques. Es busca aconseguir la funcionalitat del producte a partir d'un hardware el més genèric i fàcil d'utilitzar que sigui possible, de manera que pugui ser implementat per qualsevol persona amb mínims coneixements d'electrònica i de programació.

La utilització de plaques compatibles amb l'IDE d'Arduino com a hardware de comunicació, adquisició i alimentació és una alternativa que compleix amb els requisits.

A la següent taula (taula 3) s'indica la llista de material necessari per implementar la proposta d'un sistema de comunicació LoRa (proposta descrita al punt 3.3.1):

<i>Funció</i>	<i>Material</i>	<i>Referència</i>	<i>WEB o lloc de compra</i>	<i>Preu</i>
<i>Grup emissor</i>	Arduino	Arduino UNO	https://www.alibaba.com/product-detail/UNO-R3-MEGA328P-CH340-CH340G-For_1600100690166.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.3.2f2f64af9jGB0F&s=p&fullFirstScreen=true	22 \$
	Transceptor LoRa	Shield Dragino	https://www.amazon.es/Wiouy-433-868-LoRa-Shield/dp/B08BK2DVZD/ref=sr_1_3?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=Shield+Dragino+LoRa&qid=1602962519&s=electronics&sr=1-3	26 €
<i>Grup receptor</i>	Arduino + transceptor LoRa	Heltec WIFI LoRa 32 (V2)	https://heltec.org/project/wifi-lora-32/	20 \$

Taula 3 Llista dispositius necessaris pel funcionament del dispositiu de comunicació tecnologia LoRa

Per realitzar la comunicació, el sistema està format per un grup emissor format per una placa Arduino UNO amb un “Shield Dragino” que s'utilitza com a transceptor LoRa. Per altra banda, tenim el grup receptor format per un transmissor de LoRa (WIFI LoRa 32 (V2)) com a receptor que ja incorpora també les funcionalitat d'un Arduino.

Grup emissor:



Figura 12 Arduino UNO (11)



Figura 11 Shield Dragino (16)



Figura 13 Grup receptor: Heltec LoRa 32 (V2) (12)

3.3.3 Software utilitzat

- **Arduino IDE:** entorn de desenvolupament per a programar plaques tipus Arduino. Destaca per la seva facilitat d'ús, l'existència d'una gran comunitat que ofereix suport així com molt codi d'exemple. S'ha utilitzat la versió 1.8.4 per sistemes operatius Windows.
- **Power BI:** aplicació, base de dades, per guardar, analitzar dades i també compartir-les via web. La seva funció seria la visualització de les dades rebudes en el grup receptor.

3.3.4 Topologia

La topologia del projecte és tipus estrella: totes les transmissions de la xarxa (grups emissors) s'encaminarien a través d'un node coordinador central (grup receptor) al PC amb connexió a Internet. Aquest fet, ajudaria a minimitzar la quantitat de tràfic de la xarxa i centralitzar-la en un sol punt.



Figura 14 Tipologia estrella: grup receptor + PC al centre (terminal) i grups emissors al voltant (nodes)

3.3.5 Configuració del sistema de comunicació

La tecnologia LoRa permet muntar la teua pròpia xarxa i així donar cobertura de LoRa sense necessitat d'un operador. Col·locant un node obtens cobertura de quilòmetres al seu voltant. És per això que pot ser desplegada fàcilment en zones rurals.

La potència és un paràmetre important en la configuració dels nodes. Els nivells de potència configurables en el hardware utilitzat són de 0 dBm ("L"), 7 dBm ("H") i 14 dBm ("M"). A mesura que ens allunyem o que apareixen obstacles, la potència va baixant fins a un mínim de -134 dBm, per sota del qual la comunicació no és possible. S'utilitza 4 dBm, d'aquesta manera estarà configurada a la màxima potència i maximitzem la possibilitat d'aconseguir comunicacions extremadament llunyanes o en localitzacions amb obstacles entremig. Per a maximitzar encara més les possibilitats de comunicació, s'utilitzarà la velocitat de transmissió més baixa de 250 bits/s.

Amb aquesta configuració es poden aconseguir cobertures de 22 km amb enllaços LOS (Line-of-sight), ie. amb visió directa entre emissor i receptor, i de fins a 2 km per enllaços NLOS (Non-line-of-sight), ie. quan hi ha obstacles entre ells.

4. VIABILITAT DEL PROJECTE

Per tal de verificar la viabilitat tecnològica del projecte, s'han construït uns prototipus dels dissenys proposats (explicats a l'apartat 3) i s'han provat en un estudi de camp. Concretament, les proves es van realitzar a una finca anomenada les Falgoles, situada al municipi de les Llosses, al Ripollès. Es tracta d'una finca de 140 hectàrees dividida en 5 sectors.

Als mapes podem observar que hi ha un relleu variable, format per prats, boscos, turons i valls.

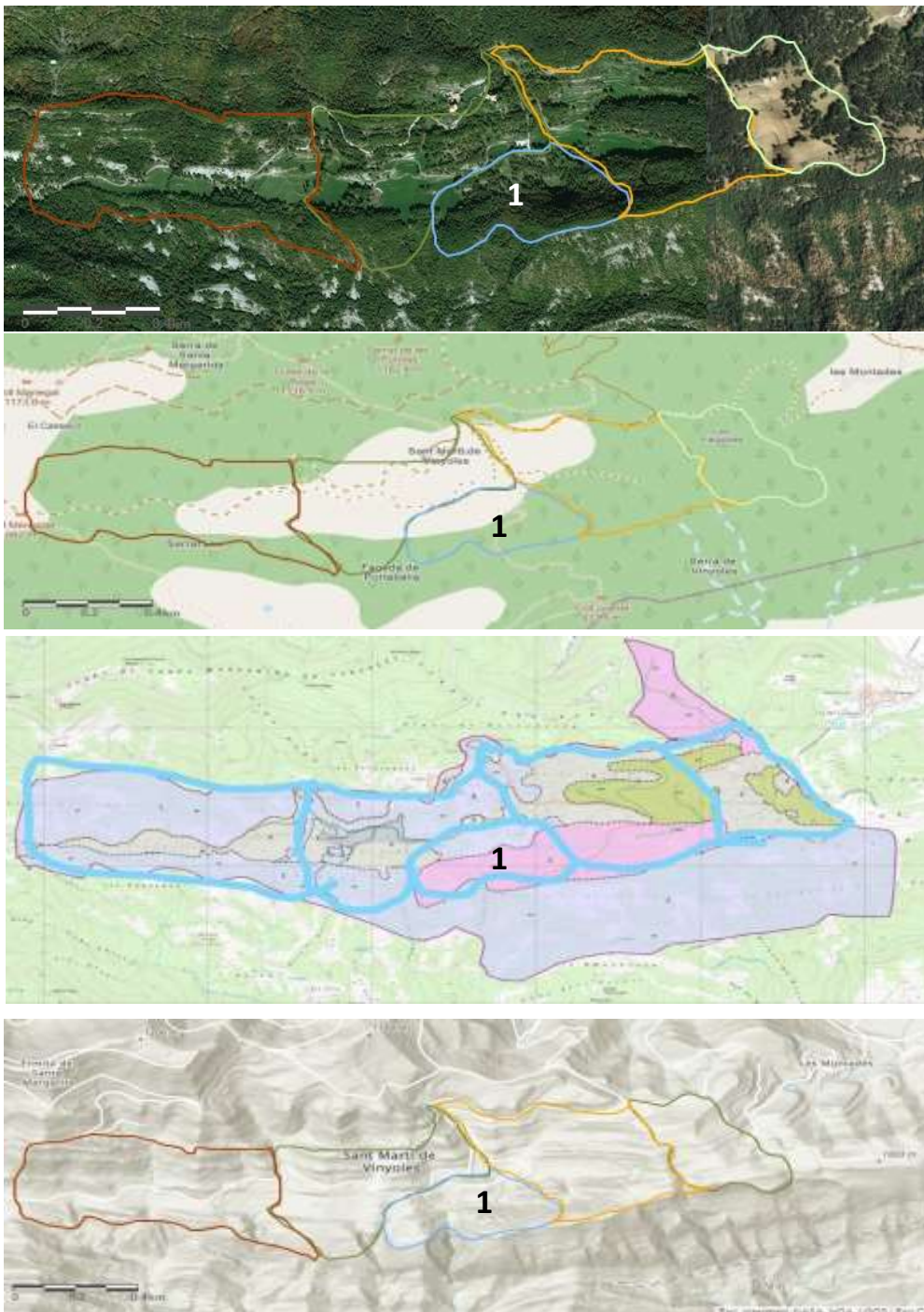


Figura 15 Mapa del terreny estudiat (13)

Per realitzar un seguiment i investigació estem parlant de massa extensió de terreny. A partir d'aquesta conclusió, s'analitza la situació i es decideix intervenir en el perímetre circular de 2.6 km (zona 1) amb més freqüència d'afectació de trencaments de filat, més concorreguda pels animals salvatges i zona de limitació de la propietat. És una zona de difícil accés, on es va comprovar la cobertura de diversos punts del terreny.

4.1 Viabilitat GPS tracker amb targeta SIM

Aquest sistema va associat directament amb una targeta SIM, és a dir, la seva comunicació es realitza mitjançant una operadora (GSM/GPRS). Principalment, ens comporta problemes de cobertura. En certs punts es perd la connexió i marca l'emissor en un punt incorrecte.

Aquest sistema ens aporta una solució senzilla i ràpida per la localització del ramat. Es un sistema ja muntat que només l'has de col·locar els trackers i instal·lar-te l'aplicació al telèfon mòbil. Realitzant la comunicació amb una operadora (utilitzant GSM/GPRS) significa dependre d'un servei que pot ser que no sigui l'adient en tots els punts del terreny. Ser el client d'ells et comporta un cost d'explotació del servei.

La opció més viable seria la combinació de la tecnologia GPS amb la comunicació SigFox o LoRa.

4.2 Viabilitat del monitor de tancats elèctrics

Per tal de determinar la viabilitat tecnològica de la nostra proposta de monitor de tancats elèctrics es van provar alguns prototipus per determinar el correcte funcionament de cadascun dels subsistemes que formen el monitor.

En primer lloc es va construir un prototipus del circuit que permet detectar l'electrificació del tancat. Aquest circuit proporciona una sortida digital: tensió alta (led encès quan hi ha electrificació) o tensió baixa (led apagat quan no n'hi ha). Seguidament cal un sistema electrònic que llegeixi aquesta informació i decideixi si cal enviar una alerta o no. Per realitzar aquesta part, es va experimentar amb la plataforma Arduino, experimentant amb la lectura de pulsadors per aprendre a detectar senyals digitals. Per últim, falta connectar un mòdul de comunicació per transmetre els senyals d'alarma i la informació associada a la ubicació del monitor.

A continuació es descriuen els aspectes relacionats amb el circuit detector i l'adquisició de la informació amb Arduino. Els aspectes relacionats amb la comunicació es presenten a l'apartat 2.3.

4.2.1 Esquema de connexions

- Dispositiu detector:

El dispositiu detector (figura 16) es tracta d'un sistema provinent d'un circuit detector de cables d'una xarxa elèctrica. S'ha desenvolupat un prototip per realitzar la detecció de fuga de corrent com s'ha explicat a l'apartat 3.2.2.

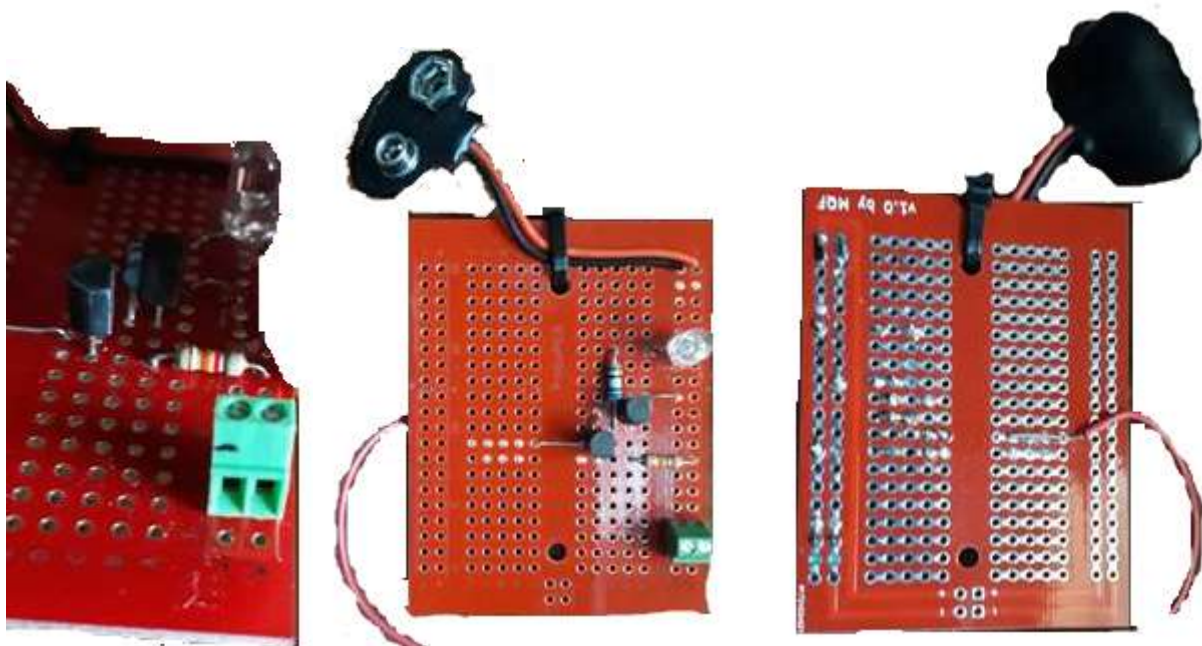


Figura 16 Dispositiu per detectar pèrdues d'electricitat del tancat

Al node A de la figura 9, apareix una tensió alta (1 lògic, HIGH) quan l'electrificació és correcta i una tensió baixa (0 lògic, LOW) quan ho és. Connectant aquest punt a una entrada digital d'un Arduino, el sistema pot detectar l'estat del tancat.

- Esquema Arduino

A continuació es descriu el circuit utilitzat per llegir entrades digitals procedents de pulsadors.

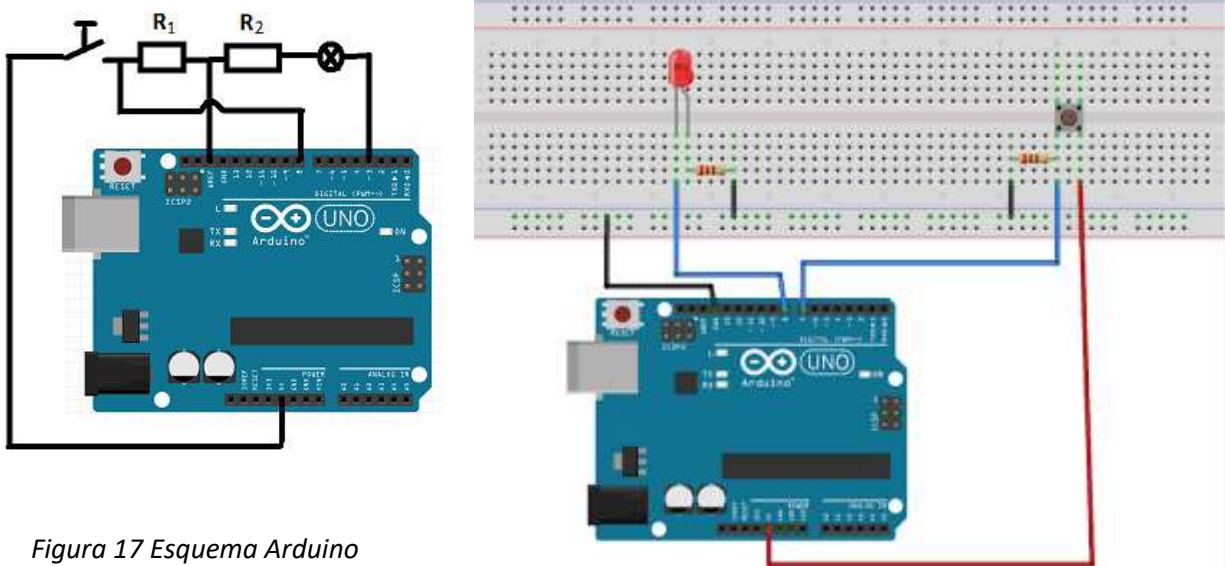


Figura 17 Esquema Arduino

Les resistències es connecten entre el PIN digital i una de les tensions de referència (0 i 5V) i "forcen" el valor de la tensió Low o High.

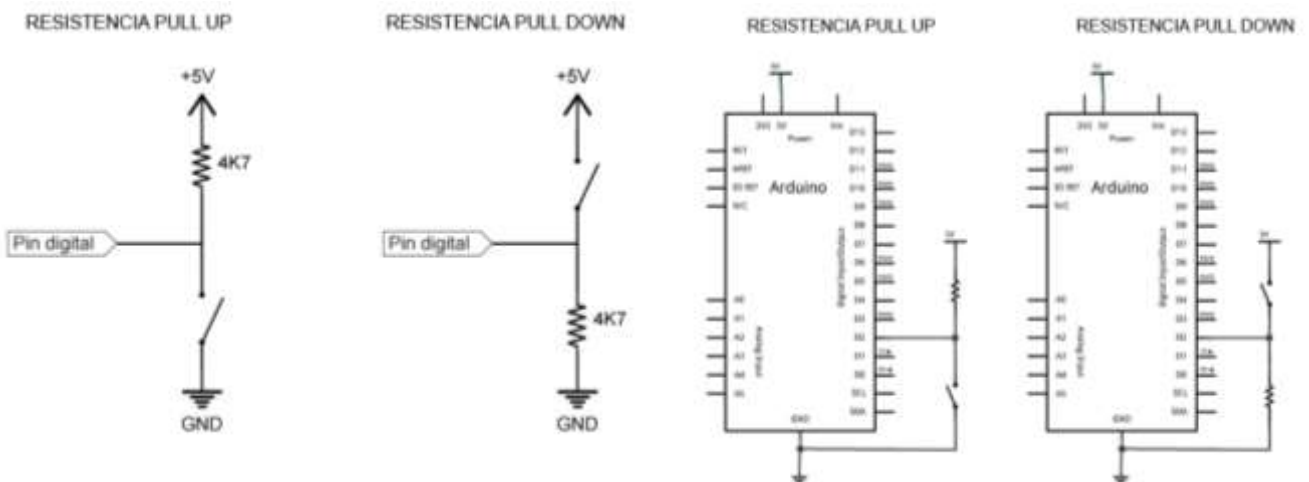


Figura 18 Tipus de resistències: Pull-up i Pull-down

- La resistència de **Pull-up** força HIGH quan el pulsador està obert. Quan està tancat, PIN es posa LOW. La intensitat que circula ve limitada per la resistència.

- La resistència de **Pull-down** força LOW quan el pulsador està obert. Quan està tancat, el PIN es posa HIGH i la intensitat que circula ve limitada per la resistència.

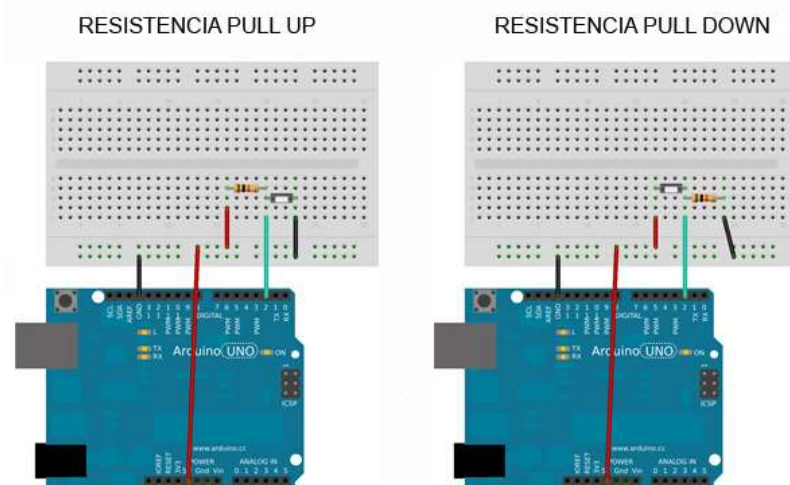


Figura 19 Esquema placa Arduino en un sistema amb resistència Pull-up i un amb resistència Pull-down

En el nostre cas, s'ha utilitzat una configuració de pull-down pel posador, això vol dir nivell LOW si no pressionem i HIGH si el pressionem.

4.2.2 Configuració Arduino

```
const int PULSADOR = 7; // el pulsador està connectat al pin número 7
const int LED = 8; // el LED està connectat al pin número 8
int estat = 0; // variable per llegir l'estat del botó

void setup() {
    pinMode(LED, OUTPUT); // LED és una sortida
    pinMode(PULSADOR, INPUT); // PULSADOR és una entrada
}

void loop() {

    estat = digitalRead(0); //per llegir l'estat del pulsador

    if (button_status == HIGH) //per comprovar l'estat del pulsador (HIGH or LOW)
    {
        digitalWrite(LED, HIGH); //si la condició és veritat, LED s'encén
    }

    else

    {
        digitalWrite(LED, LOW); //si la condició és mentida, LED s'apaga
    }
}
```

Figura 20 Configuració Pull – down realitzada amb Arduino 1.8.12

4.2.3 Validació

Els dos subsistemes exposats funcionen satisfactòriament. El monitor d'electrificació del filat proporciona una sortida digital. Per tant, el circuit provat per a llegir entrades digitals amb un Arduino serà útil per a llegir la sortida del nostre monitor. Només caldrà eliminar el polsador i connectar la sortida del monitor a l'entrada que ocupava el polsador. D'aquesta forma queda provada la viabilitat tecnològica de la proposta per a monitorar l'electrificació del filat.

4.3 Viabilitat del sistema de comunicació LoRa

Tal com s'ha explicat a l'apartat 2.3, es va fer una investigació de tecnologies equivalents a LoRa. De totes elles, es va valorar Sigfox com a tecnologia alternativa per al nostre disseny. La principal diferenciació respecte LoRa és que Sigfox exigeix contracte amb un operador, per tant, necessitem antenes del operador per obtenir un senyal de cobertura que cobreixi els nostres mínims.

La tecnologia Sigfox disposa d'una pàgina web on presenta a distribució de cobertura arreu del món (13). D'aquesta manera, queda reflectit els punts on hi ha suficient recepció de senyal (color blau figura 21) i d'altres on encara hi ha poques antenes al voltant (color lila figura 21).



Figura 21 Mapa de cobertura de Sigfox en el terreny estudiat (13 i 14)

Aquest fet ens permet determinar que la cobertura de la zona utilitzant la tecnologia Sigfox no seria suficient per realitzar l'activitat desitjada.

Feta aquesta comprovació es va passar a fer la validació de LoRa sobre el terreny.

4.3.1 Validació

Per comprovar la viabilitat del sistema de comunicació es va realitzar unes proves de cobertura al terreny estudiat. Després de varies proves, es va obtenir diversos punts estratègics amb bona cobertura. Es va donar molta importància d'on col·locar el receptor (en un punt com més elevat millor).

Així es va optar per un seguit de proves que tenien com objectiu comprovar la bona comunicació entre un punt estratègic, una ermita, on s'ubicaria el grup receptor, i els diversos punts del tancat, on s'ubicarien els grups emissors. El grup receptor analitzarà, processarà i visualitzarà la informació amb l'ajuda d'un ordinador. Aquesta informació permetrà veure si la comunicació es possible.

Tal com s'ha explicat a l'apartat 3.3.4, la configuració dels equips utilitzats és aquella que maximitza les possibilitats de comunicació. Per això, es va configurar un grup emissor i un altre receptor, amb la velocitat de transmissió més baixa (250 bits per segon) la potencia més alta (14 dBm).

A continuació es detallen les proves de validació realitzades i el seus resultats.

Intent A

- **Situació receptor:** ermita finestra. Lloc amb certa elevació. Punt estratègic.
- **Objectiu:** obtenir senyal de tots els possibles nodes per validar la comunicació amb LoRa.

PROVA	Nº PAQUETS	REBUTS (BYTES)	RSSI (DBm)	LOCALITZACIÓ
1	3	3	-78	42°08'01.2"N 2°07'50.7"E
2	52	3	-75	42°08'01.2"N 2°07'50.5"E
3	69	3	-68	42°08'00.2"N 2°07'48.8"E
4	63	3	-68	42°08'01.5"N 2°07'38.3"E
5	71	4	-85	42°08'00.0"N 2°07'46.0"E
6	85	4	-81	42°08'02.5"N 2°07'52.2"E
7	87	4	-80	42°07'58.4"N 2°07'57.9"E
8	95	4	-77	42°07'55.5"N 2°08'08.5"E
9	144	4	-71	42°07'59.4"N 2°08'06.1"E
10	202	4	-52	42°08'00.3"N 2°08'10.7"E
11	230	4	-52	42°08'00.2"N 2°08'10.6"E
12	263	4	-50	42°08'07.5"N 2°08'22.1"E

Taula 4 Resultats de l'intent A per comprovar la cobertura utilitzant xarxa LoRa

- **Resultat:** en la interpretació dels resultats, es pot observar que hi ha suficient senyal per a una bona connexió (valors per sobre del mínim de -134 dBm). Tot i això, hi ha un seguit de punts (prova 5, prova 6, prova 7) amb un potència rebuda una mica més baixa. Amb l'objectiu de millorar aquests nivells, es fa una altra prova. La solució proposada és canviar la situació del grup receptor, ubicant-lo en un lloc més elevat (Intent B).

Intent B

- **Situació receptor:** punt més elevat, campanar ermita.

- **Objectiu:** confirmar la possible comunicació de tots els nodes. Confirmar punts amb pitjor cobertura.

PROVA	Nº PAQUETS	REBUTS (BYTES)	RSSI (DBm)	LOCALITZACIÓ
13	5	4	-74	42°08'03.8"N 2°07'21.9"E
14	10	4	-79	42°08'01.1"N 2°07'25.5"E
15	22	4	-78	42°08'02.4"N 2°07'26.5"E
16	26	4	-76	42°08'01.1"N 2°07'34.6"E
17	29	4	-80	42°08'01.1"N 2°07'39.6"E
18	32	4	-80	42°08'00.0"N 2°07'45.9"E
19	35	4	-80	42°08'00.2"N 2°07'49.0"E
20	40	4	-78	42°08'01.9"N 2°07'50.6"E

Taula 5 Resultats de l'intent B per comprovar la cobertura utilitzant xarxa LoRa

- **Resultat:** si bé el canvi millora la potència rebuda en els dos punts pitjors de les proves anteriors (prova 5, prova 6, prova 7) també l'empitjora en alguns (prova 17, prova 18 i prova 19). Com abans, en tots els punts la comunicació és possible, obtenint-se nivell de potència molt superiors al mínim que permet la tecnologia (-134 dBm).



Figura 22 Mapa del terreny estudiat amb els punts de les proves realitzades (17)

5. CONCLUSIONS

En aquest treball s'ha analitzat l'estat del sector de la ramaderia extensiva i s'han identificat les principals problemàtiques que li afecten juntament amb la identificació de noves millores per encarar aquests problemes. Finalment, s'ha realitzat una proposta de disseny pel desenvolupament d'un dispositiu per detectar pèrdues d'electrificació utilitzant el sistema de comunicació LoRa.

Ha quedat demostrat que la cobertura és un factor limitant en el món rural. La localització del bestiar es pot realitzar utilitzant la geolocalització, però actualment, es necessita una xarxa de comunicacions que no depengui de les operadores. Al mercat podem obtenir aparells de localitzadors GPS associats a operadores a un preu molt econòmic. Aquests dispositius no ens aporten una solució viable ja que, al dependre d'una operadora, perdem la senyal de localització. Una solució a aquest problema és associar els geolocalitzadors a una xarxa pública com podria ser LoRa.

La detecció de pèrdues d'electrificació d'un tancat és una gran solució a la problemàtica actual dels tancats elèctrics. La tecnologia aplicada en aquest disseny de prototip prové del funcionament dels rastrejadors de cables elèctrics. Aquesta tecnologia et permet detectar el lloc on ja no arriba corrent al circuit. Per tant, instal·lant monitors a diferents punts del filat, es pot precisar la ubicació del punt des d'on s'interromp la correcta electrificació.

LoRa és un sistema de comunicació que encaixa amb les necessitats plantejades pel projecte. LoRa ens permet una connexió estable a la xarxa. Compleix amb la necessitat de consumir un baix cost de bateria tot i així envia dades a llarga distància. Si no fos així, es podrien mirar alternatives disponibles o bé, la col·locació del receptor en un punt més adequat (és un factor clau per una bona comunicació). També es podria posar una antena externa.

Així doncs, el sistema de comunicació LoRa, funciona; la detecció de fils, funciona. Les tecnologies estudiades funcionen. És un sistema viable. El sistema que s'ha provat és un prototip rudimentari però permet validar la proposta. El següent pas seria la combinació de les dues parts: el dispositiu per detectar pèrdues d'electrificació del tancat integrat amb el sistema de comunicació LoRa. D'aquesta manera s'obtidria un prototipus que permetria una prova de concepte del sistema complet en una exploració ramadera. Com a millora, quedaria la integració del sistema GPS utilitzant el mateix sistema de comunicació LoRa.

6. REFERÈNCIES

1. AENOR. Identificación de animales por radio frecuencia [Internet]. Vol. ISO 1185:1, Norma Internacional ISO 11785:1996. 2005.
2. Datamars Speedrite. Fault finder User Manual [Internet]. Disponible a: https://www.speedrite.com/sites/default/files/Remote%20Control%20Fault%20Finder%20%28EN%2C%20ES%2C%20PT%2C%20FR%29_0.pdf
3. Ray B. NB-IoT vs. LoRa vs. Sigfox [Internet]. Link Labs. 2018. Disponible a: <https://alfaiot.com/blog/ultimas-noticias-2/post/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox-10>
4. Gomez C, Veras JC, Vidal R, Casals L, Paradells J. A sigfox energy consumption model [Internet]. Sensors (Switzerland). 2019. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/330947889_A_Sigfox_Energy_Consumption_Model
5. Llamas L. Redes LPWAN [Internet]. Disponible a: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/banda-ism/>
6. Pérez García R. Avaluació de LoRa/LoRaWAN per a escenaris de smart city [Internet]. UPC. 2017. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100922>
7. Mekki K, Bajic E, Chaxel F, Meyer F. A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. ICT Express [Internet]. 2019. Disponible a: <https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.12.005>
8. Aliexpress. Rastreador GF-07 GPS [Internet]. Disponible a: https://es.aliexpress.com/item/33043057572.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.266b1535pr4tra&algo_pvid=51b78d02-3333-453a-abcf-9e97af1996bf&algo_expid=51b78d02-3333-453a-abcf-9e97af1996bf-25&bitsid=0b0a187916029644495064262e2a4f&ws_ab_test=searchweb0_0,searchw
9. Electrónica K. Rastreador de cables eléctricos [Internet]. 2017 [citad 29 setembre 2020]. Disponible a: <https://www.kitelectronica.com/2016/02/rastreador-de-cables-electricos.html>
10. Aliexpress. Tester [Internet]. Disponible a: https://es.aliexpress.com/item/4000853886905.html?src=google&albch=shopping&acnt=439-079-4345&isdl=y&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Gpoogle_7_shopping&aff_atform=google&aff_short_key=UmeMJZVf&gclsrc=aw.ds&&albagn=888888&&ds_e_adid=438858099985&ds_e_matchtype=&
11. Alibaba. Arduino UNO. Электроника и электротехника [Internet]. 2019;1(1):24-30. Disponible a: https://www.alibaba.com/product-detail/UNO-R3-MEGA328P-CH340-CH340G-For_1600100690166.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.3.2f2f64af9jGB0F&s=p&fullFirstScreen=true
12. ESP32 HL. WIFI LoRa 32 (V2) – Heltec Automation. [Internet]. Disponible a: <https://heltec.org/project/wifi-lora-32/>

13. Sigfox. Coverage [Internet]. Disponible a: <https://www.sigfox.com/en/coverage>
14. Catalunya IC i G de. ICGC [Internet]. Disponible a: <http://www.icc.cat/vissir3/>
15. Digitanimal. Localizador GPS para vacas [Internet]. Disponible a: <https://digitanimal.com/>
16. Dragino Technology. LoRa Shield [Internet]. Dragino Wiki. 2017. Disponible a: https://wiki.dragino.com/index.php?title=Lora_Shield
17. Google. Google Maps [Internet]. Disponible a: <https://www.google.com/maps/>