

***Agricultura de Precisió amb Sistemes de Sensors Agraris***  
*Registre , transmissió i processament de senyal*

**Sergio Velasco Rodríguez**

Grau en Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació

Menció en Telemàtica

**Victor Martínez Illamola**

**Carlos Monzo Sánchez**

Data Lliurament **03/01/2020**



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-CompartirIgual 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/)

## FITXA DEL TREBALL FINAL

<b>Títol del treball:</b>	<i>Agricultura de Precisió amb Sistemes de Sensors Agraris</i>
<b>Nom de l'autor:</b>	<i>Sergio Velasco Rodríguez</i>
<b>Nom del consultor/a:</b>	<b>Victor Martínez Illamola</b>
<b>Nom del PRA:</b>	<i>Carlos Monzo Sánchez</i>
<b>Data de lliurament (mm/aaaa):</b>	<i>01/2020</i>
<b>Titulació o programa:</b>	Grau en Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació Menció en Telemàtica
<b>Àrea del Treball Final:</b>	11.624 TFG - Sistemes de Comunicació
<b>Idioma del treball:</b>	<i>Català</i>
<b>Paraules clau</b>	<i>Agricultura de Precisió, Sensors, Comunicació Xbee, Arduino, Python</i>

### **Resum del Treball**

En el moment actual en el que estem, en un entorn canviant climatològicament, hem de ser conscients més que mai de la necessitat de preservar el medi ambient. En el món de l'agricultura molt es pot fer per optimitzar els recursos que la natura ens dona així com reduir l'ús de químics. En aquest aspecte les comunicacions i sistemes intel·ligents tenen molt a dir, ja que ajuden al sector a interpretar i millorar els cultius i regadius que durant tota l'història han estat cuidant i guiant-se amb la interpretació del propi medi.

Al mercat existeixen solucions IO (Investigació d'Operacions, sistemes de recerca de solucions a problemes entre persones i màquines) que poden cobrir en gran mesura aquestes millores, com SIGFOX, o Libellium's Wasmote, empreses del sector que ofereixen serveis però amb alts costos de implementació, per la gran quantitat de nodes i complexíssimes instal·lacions que fan del sistema poc escalable i de difícil implementació a països amb economies menys solvents.

Aquest projecte pretén dissenyar un sistema d'agricultura de precisió mitjançant l'ús de sensors (humitat ambiental, humitat del sol, temperatura, pressió) connectats a un controlador Arduino que serà l'encarregat de centralitzar-los, i transmetre les dades captades a través del mòdul Xbee a un servidor central, que a través del port serial rebrà les dades amb la ajuda de codi de programació Python, per posteriorment, emmagatzemar-les en una base de dades. I tot en un context de sostenibilitat

econòmica, mediambiental, amb sistemes escalables i exportable a països subdesenvolupats.

### **Abstract**

In today's climate changing environment, we need to be more aware of the need to preserve the environment more than ever. Much can be done in the field of agri-culture to optimize the resources that nature offers us. In this regard, communications and intelligent systems are essential as they help the sector to interpret and improve the crops and irrigations that throughout history have been taking care of and being guided by the interpretation of nature.

In the market there are IO (Investigation Operations, systems for finding solutions to problems between people and machines) solutions that may be better, such as SIGFOX, or Libellium's Waspnote, companies in the sector that offer services, but with high implementation costs, due to the large number of nodes and complex facilities that make the system inaccessible and difficult to implement in countries with less solvent economies.

This project aims to design a precision farming system by using sensors (ambient humidity, sun moisture, temperature, pressure) connected to an Arduino controller that will be responsible for centralizing them and transmitting the data collected to through the Xbee module to a central server, which through the serial port will receive the data with the help of Python programming code, and then store it in a database. And all in a context of economic and environmental sustainability, with scalable systems and exportable to underdeveloped countries.



# Índex

<b>1. Introducció</b> .....	1
1.1. Context i justificació del Treball.....	1
1.2 Objectius del Treball.....	3
1.3 Enfocament i mètode seguit.....	3
1.4 Planificació del Treball.....	4
1.5 Breu sumari de productes obtinguts.....	10
1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria.....	11
<b>2. Estat de l'art</b> .....	12
2.1. Introducció i evolució en el temps.....	12
2.2. Definició i context temporal.....	13
2.3. Solucions actuals.....	14
2.3.1. Sistemes basats en teledetecció amb drons i/o satelïtals.....	14
2.3.2. Sistemes basats en xarxa mallada de sensors.....	14
2.3.3. Empreses al sector.....	15
2.3.3.1. QUAMPO.....	15
2.3.3.2. PRISMAB.....	15
2.3.3.3. Libellium's Waspmote.....	16
2.3.3.4. Treballs acadèmic.....	17
2.4. Valor Afegit.....	18
<b>3. Desenvolupament Hardware del prototip</b> .....	19
3.1. Elements contenidors, connexió i energia.....	19
3.1.1. Caixa Modular Estanca Legrand 601996E.....	19
3.1.2. Bateria Poweradd carregador solar de 1200mAh.....	19
3.1.2.1. Cables elèctrics.....	20
3.1.3. Placa Protoboard.....	21
3.2. Elements de control i comunicació.....	21
3.2.1. Plaques programables Arduino.....	21
3.2.2. Arduino Shild SD – Xbee.....	23
3.2.3. Mòdul Xbee.....	23
3.2.3.1. Mode Comandes.....	25
3.2.3.2. Mode Transparent.....	25
3.2.3.3. Mode API.....	25
3.2.4. XBee Explorer USB.....	27
3.3. Elements d'entrada.....	27
3.3.1. Sensor Humitat Ambiental DHT11.....	27
3.3.1.1. Especificacions Tècniques.....	27
3.3.1.2. Pins.....	28
3.3.1.3. Connectivitat.....	28
3.3.1.4. Transmissió de dades.....	29
3.3.2. Sensor d'Humitat de Sòl SN0114.....	29
3.3.2.1. Especificacions Tècniques.....	29
3.3.2.2. Valors que pot adoptar la sortida.....	30
3.3.2.3. Pin.....	30
3.3.2.4. Connectivitat.....	30
3.3.3. Sensor digital de temperatura sol DS18B20.....	31

3.3.3.1.	Especificacions Tècniques.....	31
3.3.3.2.	Pins .....	31
3.3.3.3.	Connectivitat .....	32
3.4.	Disseny Prototip.....	33
3.4.1.	Connexions Arduino-Protobard-Sensors .....	33
3.4.2.	Adaptar Caixa amb placa fotovoltaica i bateria .....	34
3.4.3.	Col·locació sensors.....	35
3.4.4.	Emmagatzemar elements .....	36
3.4.5.	Punts de millora.....	37
<b>4.</b>	<b>Desenvolupament del Software, Sistema Operatiu i tractament de dades.....</b>	<b>38</b>
4.1.	Instal·lació dels sistemes .....	38
4.1.1.	Arduino IDE.....	38
4.1.2.	Python .....	39
4.1.3.	XCTU .....	40
4.1.4.	DB Browser (SQLite).....	41
4.2.	Programació dels sistemes .....	42
4.2.1.	Programació de la placa Arduino .....	42
4.2.1.1.	Sensor Humitat Ambiental DHT11 .....	42
4.2.1.2.	Sensor d'Humitat de Sòl SN0114 .....	43
4.2.1.3.	Sensor de temperatura de terra DS18B20.....	44
4.2.1.4.	Codi complet i consideracions .....	45
4.2.2.	Programació dels mòduls XBee.....	46
4.2.2.1.	Arquitectura d'una xarxa Xbee .....	47
4.2.2.2.	Elecció del model XBee .....	48
4.2.2.3.	Configuració dels Mòduls.....	48
4.2.3.	Programació codi Python.....	50
4.2.3.1.	Importar les llibreries.....	51
4.2.3.2.	Declarar les connexions .....	51
4.2.3.3.	Recepció, tractament i emmagatzemar les dades.....	51
4.2.3.4.	Codi final .....	52
4.3.	Implementació i tractament de les dades.....	53
4.3.1.	Creació de la Base de dades .....	53
4.3.2.	Comanda inserció registre.....	53
4.3.3.	Visualització de registres a la base de dades.....	54
<b>5.</b>	<b>Valoració econòmica .....</b>	<b>55</b>
<b>6.</b>	<b>Casos pràctics .....</b>	<b>58</b>
6.1.	Cas pràctic 1. Lectures a una jardinera .....	58
6.1.1.	Distància entre emissor i receptor amb obstacles .....	58
6.1.2.	Anàlisi de les dades rebudes .....	59
6.2.	Cas pràctic 2. Hort urbà.....	60
6.2.1.	Distància a l'hort.....	60
6.2.2.	Lectura de dades durant una setmana.....	61
6.3.	Cas pràctic 3. Lectures a distància entre edificis .....	63
6.4.	Cas pràctic 4. Consum i carrega .....	63
<b>7.</b>	<b>Conclusions i Línies de treball futur .....</b>	<b>66</b>
7.1.	Conclusions.....	66
7.2.	Línies de Treball Futur .....	67
<b>8.</b>	<b>Bibliografia.....</b>	<b>68</b>
<b>9.</b>	<b>Glossari.....</b>	<b>71</b>

## Llista de figures

IL·LUSTRACIÓ 1 - EVOLUCIÓ DE LA POBLACIÓ MUNDIAL HISTORIAYBIOGRAFIAS.COM. (2019). EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN MUNDIAL EXPLOSION DEMOGRAFICA. <a href="https://historiaybiografias.com/poblacion01/">HTTPS://HISTORIAYBIOGRAFIAS.COM/POBLACION01/</a> [6] .....	2
IL·LUSTRACIÓ 2 DIAGRAMA DE GANTT.....	7
IL·LUSTRACIÓ 3 - DIAGRAMA DE GANTT DEFINITIU .....	9
IL·LUSTRACIÓ 4 - PROTOIP NODE.....	11
IL·LUSTRACIÓ 5 MICROCONTROLADOR I SENSOR DE PRISMAB. PRISMAB. (2019). TECNOLOGIA. <a href="https://prismab.com/tecnologia/">HTTPS://PRISMAB.COM/TECNOLOGIA/</a> .....	16
IL·LUSTRACIÓ 6 SOLUCIÓ DE AGRICULTURA DE PRECISIÓ LIBELLIUM – PRESSUPOST REBUT DEL DEPARTAMENT COMERCIAL DE LIBELLIUM, NO PUBLICAT A LA SEVA WEB.....	17
IL·LUSTRACIÓ 7 PRESSUPOST D'UNA SOLUCIÓ BÀSICA DE LIBELLIUM - PRESSUPOST REBUT DEL DEPARTAMENT COMERCIAL DE LIBELLIUM, NO PUBLICAT A LA SEVA WEB.....	17
IL·LUSTRACIÓ 8 - CAIXA ESTANCA - FRONTAL .....	19
IL·LUSTRACIÓ 9 - BATERÍA EXTERNA .....	20
IL·LUSTRACIÓ 10 - CABLES ELÉCTRICS.....	20
IL·LUSTRACIÓ 11 - PROTOBOARD.....	21
IL·LUSTRACIÓ 12 - ARDUINO ONE R3 .....	22
IL·LUSTRACIÓ 13 - I/O ANALOGIQUES .....	22
IL·LUSTRACIÓ 14 - CPU .....	23
IL·LUSTRACIÓ 15 - ARDUINO SHILD SD – XBEE.....	23
IL·LUSTRACIÓ 16 - MODUL XBEE .....	24
IL·LUSTRACIÓ 17 - TRAMA AT XBEE.....	25
IL·LUSTRACIÓ 18 - DIAGRAMA XBEE.....	25
IL·LUSTRACIÓ 19 - TRAMA API XBEE.....	26
IL·LUSTRACIÓ 20 - ESTRUCTURA TRAMA API .....	26
IL·LUSTRACIÓ 21 - XBEE EXPLORER USB .....	27
IL·LUSTRACIÓ 22 - SENSOR DHT11 .....	28
IL·LUSTRACIÓ 23 - CONNEXIÓ DHT11 .....	28
IL·LUSTRACIÓ 24 - TRAMA DHT11.....	29
IL·LUSTRACIÓ 25 - SENSOR SN0114.....	30
IL·LUSTRACIÓ 26 - CONNEXIONS SN0114 .....	31
IL·LUSTRACIÓ 27 - SENSOR DS18B20.....	32
IL·LUSTRACIÓ 28 - SENSOR DS18B20.....	33
IL·LUSTRACIÓ 29 - CONNEXIONS ARDUINO - SENSORS .....	33
IL·LUSTRACIÓ 30 - CONNEXIONS ARDUINO PROTOTIP.....	34
IL·LUSTRACIÓ 31 - INSTAL·LACIÓ BATERÍA A CAIXA.....	34
IL·LUSTRACIÓ 32 - INSTAL·LACIÓ BATERÍA FRONTAL.....	35
IL·LUSTRACIÓ 33 - SENSORS TERRA A CAIXA.....	35
IL·LUSTRACIÓ 34 - SENSOR DHT11 A CAIXA .....	36
IL·LUSTRACIÓ 35 - CONTINGUT CAIXA ESTANCA.....	36
IL·LUSTRACIÓ 36 - PROTOTIP FINAL .....	37
IL·LUSTRACIÓ 37 - ARDUINO IDE .....	39
IL·LUSTRACIÓ 38 - LLIBRERIES ARDUINO IDE .....	39
IL·LUSTRACIÓ 39 - PYTHON.....	40
IL·LUSTRACIÓ 40 - XCTU.....	41
IL·LUSTRACIÓ 41 - BD BROWSER SQLITE.....	42
IL·LUSTRACIÓ 42 - LIBRERÍA DHT11.....	42
IL·LUSTRACIÓ 43 - LLIBRERIES DS18B20 .....	44
IL·LUSTRACIÓ 44 - CODI PROGRAMACIÓ ARDUINO .....	46
IL·LUSTRACIÓ 45 - DISTRIBUCIÓ DE XARXA XBEE .....	47
IL·LUSTRACIÓ 46 - MODUL XBEE USB .....	48
IL·LUSTRACIÓ 47 - CONFIG XBEE COORDINADOR.....	49
IL·LUSTRACIÓ 48 - MAC COORDINADOR.....	49
IL·LUSTRACIÓ 49 - CONFIG. ROUTER XBEE.....	50

IL·LUSTRACIÓ 50 - XBEE ROUTER CONFIG MACS .....	50
IL·LUSTRACIÓ 51 - CODI PYTHON .....	52
IL·LUSTRACIÓ 52 - BASE DE DADES REGISTRES .....	54
IL·LUSTRACIÓ 53 PRESSUPOST D'UNA SOLUCIÓ BÀSICA DE LIBELLIUM - PRESSUPOST REBUT DEL DEPARTAMENT COMERCIAL DE LIBELLIUM, NO PUBLICAT A LA SEVA WEB.....	57
IL·LUSTRACIÓ 54 - CAS PRÀCTIC - JARDINERA.....	58
IL·LUSTRACIÓ 55 - GRÀFICA HUMITAT SOL.....	59
IL·LUSTRACIÓ 56 - GRÀFICA TEMPERATURA.....	59
IL·LUSTRACIÓ 57 - GRÀFICA HUMITAT AMBIENT .....	60
IL·LUSTRACIÓ 58 – CAS PRÀCTIC HORT URBÀ.....	60
IL·LUSTRACIÓ 59 - REGISTRES NUMÉRICS CAPTAT PEL NODE.....	62
IL·LUSTRACIÓ 60 - GRÀFICA HUMITAT A HORT URBÀ .....	62
IL·LUSTRACIÓ 61 - GRÀFICA TEMPERATURA A HORT URBÀ.....	63
IL·LUSTRACIÓ 62 - GRÀFICA HUMITAT AMBIENT A HORT URBÀ.....	63
IL·LUSTRACIÓ 63 - CONSUM INTENSITA NODE. ....	64
IL·LUSTRACIÓ 64 - CÀRREGA PLACA FOTOVOLTAICA A CAIXA. ....	65
IL·LUSTRACIÓ 65 - CÀRREGA PLACA FOTOVOLTAICA LLIURE.....	65

## **Llista de Taules**

TAULA 1 - LISTA DE HARDWARE	5
TAULA 2 - LLISTA DE SOFTWARE	5
TAULA 3 - VALORS SENSOR HUMITAT SÒL	30
TAULA 4 - VALORS RESISTENCIA - DISTANCIA CABLE	32
TAULA 5 - VALORACIÓ ECONOMICA GLOBAL	55
TAULA 6 - VALORACIÓ ECONOMICA NODE	56
TAULA 7 - CONDICIONS ADMOSFERIQUES CUNIT	61

# 1. Introducció

## 1.1. Context i justificació del Treball

### 1.1.1. El món agrícola durant la història

Des del naixement de l'agricultura a l'oest asiàtic ( Antic Egipte, Llevant mediterrani, Mesopotàmia i Persia) fins avui, hi han hagut grans avenços en el sector. Però amb la Revolució Industrial, així com l'aplicació del tractor al S.XX, van fer que els mètodes de cultiu fessin un pas de gegant.

Avui dia, en plena era de la informació, ha suposat un nou paradigma en tots els sectors, i concretament fent del sector una agricultura de precisió.

### 1.1.2. La tecnologia com alida en el sector

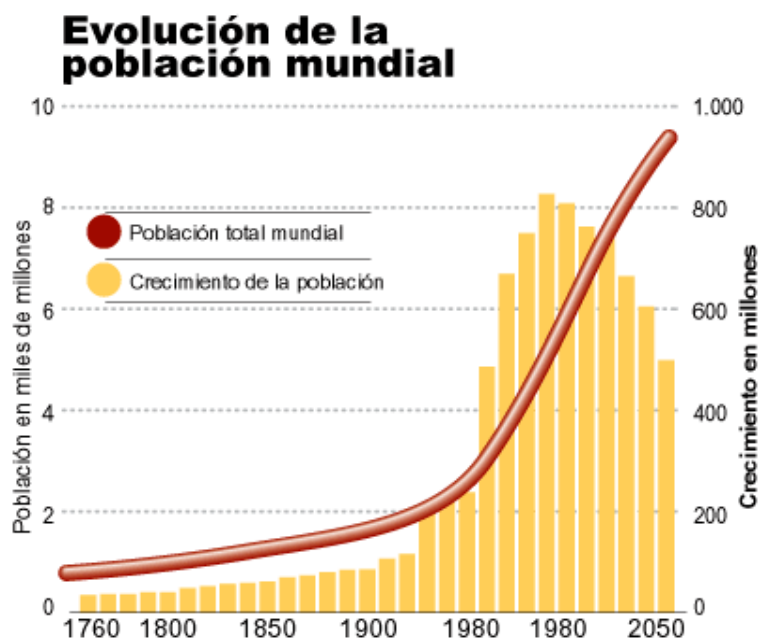
Molts dels agricultors fan servir tecnologies GPS, sensors , junt amb sistemes de informació geogràfica (SIG) amb la intenció de millorar la precisió.

L'Agtech <sup>[1]</sup>, Agrotech <sup>[2]</sup>, smart agro <sup>[3]</sup> o Agricultural Technology <sup>[4]</sup> són termes coneguts com a agricultura de precisió (Agricultura 4.0).

### 1.1.3. Un món canviant sobre un futur incert

En un estat actual on els recursos cada cop son més limitats i l'augment de la població fan que la humanitat hagi de trobar solucions per cobrir les necessites d'alimentació.

Les Nacions Unides estima que la població mundial, ara en uns 7000 milions d'habitants, augmenti als 10000 per l'any 2050 <sup>[5]</sup>, això suposa més d'un 35% de la població actual en tant sols 30 anys.



*Il·lustració 1 - Evolució de la població mundial Historiaybiografias.com. (2019). El Crecimiento de la Población Mundial Explosion demografica. <https://historiaybiografias.com/poblacion01/> [6]*

Si juntament es considera que, segons els últims estudis publicats per les Nacions Unides on declaren que uns 5.700 milions d'habitants patiran escassetat d'aigua al 2050 i prop de 240 milions de persones no tindran aquest recurs [7]. És hora de prendre una sèrie de consideracions.

#### 1.1.4. Hora de prendre consciència amb l'entorn

Amb aquestes expectatives de futur es necessari prendre consciència i fer dels sistemes de cultiu uns sistemes “smart” capaços d'adaptar-se a les necessitats de l'entorn i convertir-los en sistemes sostenibles pel medi ambient. Amb aquesta premissa es vol implementar sensors que donin dades estadístiques de l'estat dels cultius, de les terres i de l'ambient, facilitant la previsió de les necessitats que la terra i els productes requerien segons el medi, i optimitzant els recursos que es disposen, fent del procés el més sostenible possible.

#### 1.1.5. Aplicació

Mitjançant sensors (humitat ambientals, humitat sol, pluviòmetres, etc), microcontroladors tipus Arduino que enviaran les dades a través d'un sistema sense fils amb Xbee conformaran un node que enviarà les dades a un servidor central, basat en PC (Personal Computer) que al seu temps rebrà i emmagatzemarà les dades mitjançant codi de programació basat en Python.

## 1.2 Objectius del Treball

El projecte tracte de muntar un sistema agrari de precisió que millori els cultius i conreus mitjançant sensors, que tinguin la capacitat de proveir informació útil sobre l'entorn (temperatura, humitat ambient, humitat del sol, PH del sol, quantitat de pluja en un període de temps, pol·lució ) tots ells connectats a un microcontrolador, que al seu temps, enviarà les dades a un servidor on seran emmagatzemats.

Es tracta de muntar un microcontrolador basat en Arduino, amb els diferents sensors (Temperatura del sol, temperatura ambiental, humitat del sol, humitat terrestre) amb una antena Xbee que serà encarregada d'enviar les dades, a aquest conjunt d'elements interconnectats el qual s'anomena Node.

Com s'ha comentat començant, aquestes dades captades pel node seran enviades a través de l'antena Xbee al servidor que captarà aquestes dades a través de la seva antena Xbee receptora, mitjançant comandes Python escoltarà el port serial i emmagatzemarà les dades a una Base de Dades que podrà ser consultada sota demanda d'altres sistemes o usuaris.

Es buscarà elements de sensors i controladors que siguin una alternativa més econòmica i sostenible que els sistemes actuals, que no suposi un gran gest econòmic pel agricultor, ja sigui en gran o petita escala, fàcilment exportable a països subdesenvolupats que no tenen opció d'optar a sistemes complexos i de preus desorbitats.

S'aprofundirà en el mètode d'enviament de dades sense fils a través de microcontroladors ZigBee, basat en radiodifusió digital de baix consum fent ús de l'estàndard IEEE 802.15.4, quins tipus d'elements fan servir, com s'origina la trama, com es configuren i els tipus de configuracions de xarxa que poden adoptar.

## 1.3 Enfocament i mètode seguit

En primera instància es farà una recerca de informació sobre el món agrari durant la història, així com l'estat actual del planeta.

A continuació, es buscarà empreses que implementen sistemes d'agricultura de precisió, quins elements controlen i amb quins dispositius i sensors fan aquesta tasca.

Amb aquesta informació es plantejarà l'escenari, què es vol analitzar i quins elements seran necessaris.

Amb el llistat d'elements (sensors, controladors i software) es farà una recerca de quins elements són més adients per muntar el prototip, sempre amb la premissa de sostenible, ecològic, escalable i econòmic.

Amb tots els elements, es farà un estudi de viabilitat econòmica del projecte. S'adquiriran els materials i es farà el muntatge d'aquest en un entorn real.

El muntatge consisteix en la connexió dels sensors a una protoboard per tal d'interconnectar-los a l'Arduino i aquest a la vegada connectat amb el servidor central mitjançant Xbee de manera inalámbrica.

Amb l'entorn muntat es farà la programació necessària. Per una part es farà la programació al microcontrolador (Arduino) per tal de que faci les lectures adients dels sensors i les enviï a través del port Sèrie (Xbee) al servidor central.

Per altra banda es farà la programació al servidor central mitjançant llenguatge Python per tal que recepcioni les dades i les emmagatzemi a una Base de Dades per poder ser consultades posteriorment. Aquesta Base de dades serà dissenyada per tal de poder introduir les dades dels diferents sensors que vagin arribant del node en qüestió (o nodes, en un plantejament futur).

Finalment es farà un estudi d'aquestes dades comparant-les en un període de temps.

## 1.4 Planificació del Treball

### 1.4.1 Planificació inicial

En un primer moment es va plantejar un projecte basat en un node Arduino amb els sensors connectats a ell, a aquest, al seu temps, enviaria de manera sense fils la informació, mitjançant tecnologia wifi, al servidor basat en una Raspberry Pi, on rebria les dades i les emmagatzemaria en una base de dades, aquestes dades serien mostrades a través d'una plataforma representada gràficament. Tots aquest elements es pretenia que fossin autosuficients i independents amb una font d'energia renovable i autònoma.

### 1.4.2 Planificació final

Després de fer una recerca més exhaustiva de les possibilitats que aquest primera valoració comportava, s'ha decidit enfocar l'abast del projecte en la recopilació de les dades mitjançant Arduino, enviament d'aquestes dades a través de la tecnologia Zigbee que utilitza el protocol IEEE 802.15.4, per tal de crear una xarxa MESH (xarxa en malla, topologia de xarxa en la qual cada node està connectat a tots els nodes).

S'ha decidit fer servir ZigBee ja que els dispositius basats en aquesta tecnologia són més econòmics, i a més la seva capacitat de generar xarxes amb topologia de malla provocava considerables estalvis energètics en les seves aplicacions a xarxes domèstiques en general [19].

Finalment es recepcionen i processen les dades a un servidor central on mitjançant llenguatge de programació Python, llegirà les dades rebudes de la seva antena Xbee i les emmagatzemarà en una base de dades interna.



Per poder desenvolupar aquest projecte serà necessari tant software com hardware, a continuació podem trobar els elements de hardware necessaris:

<b>Nombre de Hardware</b>	<b>Unidades</b>
PC basat en Windows	1
Modulo XBee	2
XBee Explorer USB	1
Arduino Wireless SD Shield (XBee Shield)	1
Arduino UNO Rev.3	1
Sensor de humitat i temperatura DHT11	1
Sensor de humtat del sol	2
Sensor DS18B20 estanco	1
Mini breadboard adhesiva - 170 punts	1
Cables	15
Alimentador para Arduino	1

*Taula 1 - Lista de Hardware*

<b>Nombre de Software</b>
Arduino IDE
Notepad++
Arduino IDE
Python
Lliberies pySerial
Lliberies PIP
Lliberies Serial Arduino
Lliberies Xbee

*Taula 2 - Llista de Software*

### 1.4.3 Diagrama de Gant

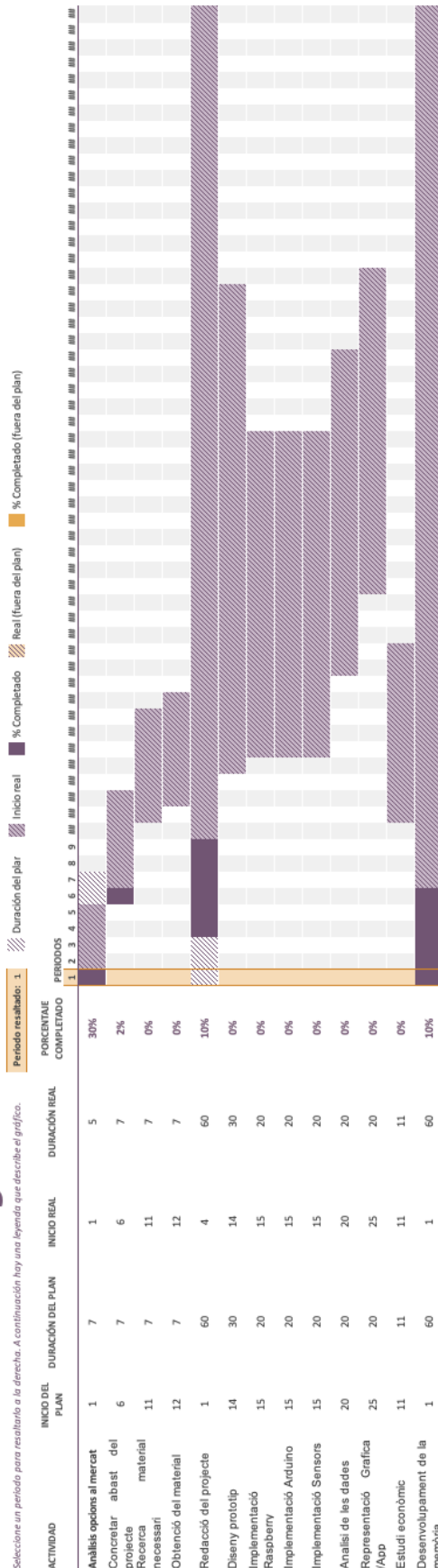
A continuació es pot trobar una planificació del projecte mitjançant un diagrama de Gantt. Cal destacar que al haver fet un canvi de plantejament del projecte el diagrama de Gant ha sofert canvis substancials. En la següent pàgina es mostra l'antic diagrama, on es feia referència a un abast on es contemplava fer una implementació del servidor basat en Raspberry, però per falta de recursos per connectar-la per pantalla, es va decidir fer servir un portàtil a mode de servidor ja que ja disposava de display i teclat, a efectes pràctics es el mateix. Per altre banda es va plantejar una solució de representació de les dades a una aplicació, aquest objectiu estava fora de l'abast com a projecte, ja que ens vol centrar en la captació, enviament, recepció i emmagatzematge de les dades. Finalment s'ha

replantejat el visionat del diagrama fent que cada columna numerada representi una setmana, fent un total de 18 setmanes, compres en el període del 20/09 al 15/09.

## Sistema de Sensors Agraris

Seleccione un periodo para resaltarlo a la derecha. A continuación hay una leyenda que describe el gráfico.

Periodo resaltado: 1



Il·lustració 2 Diagrama de Gantt

El prototip es va enrederir en la seva arrancada per que va haver dificultats per aconseguir una comunicació llegible entre Arduino i Python. A més, es va replantejar l'abast inicial del projecte ja que, com s'ha comentat anteriorment estava força sobredimensionat i no es centrava en els objectius establerts. Un cop es va resoldre aquest contratemps es va poder avançar en la implementació del codi necessari.

Durant el desenvolupament del projecte es va voler implementar una solució de contenidor dels dispositius elèctrics en una caixa estanca. A més, es va fer una recerca en una solució d'energia independent que alimentés els components electrònics del node, això va donar lloc a l'obtenció d'una bateria externa amb placa fotovoltaica. Per aquest motiu s'ha enrederit la planificació de l'obtenció del material i implementació.

# Sistema de Sensors Agraris

Seleccione un periodo para resaltarlo a la derecha. A continuación hay una leyenda que describe el gráfico.

Periodo resaltado: 18

% Completado (fuera del plan)

Real (fuera del plan)

Duración del plan

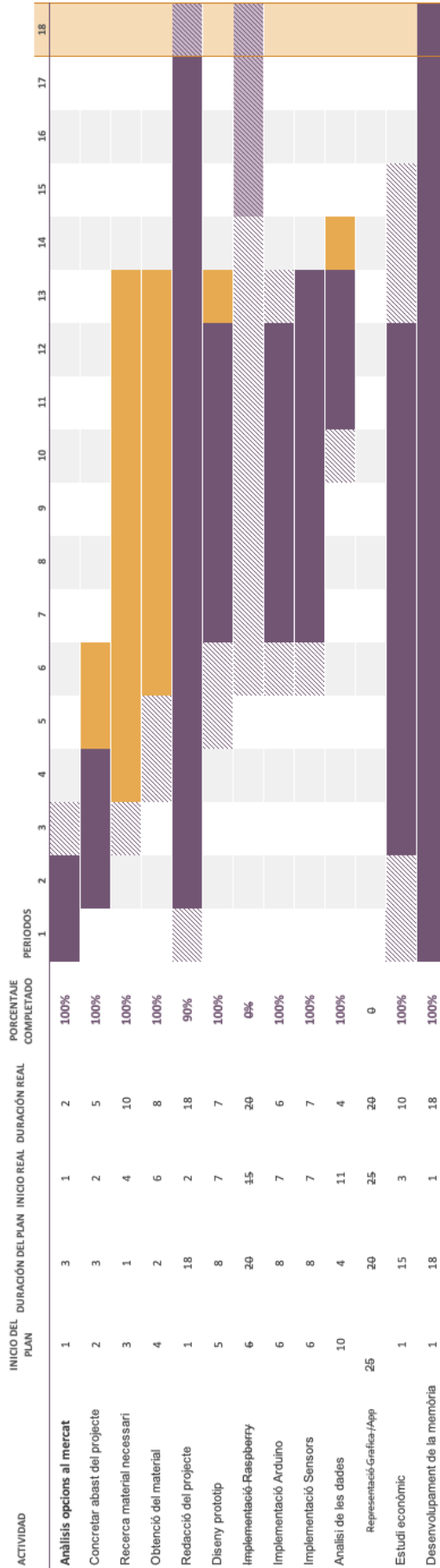
Inicio real

% Completado (fuera del plan)

% Completado

PERIODOS

18



Il·lustració 3 - Diagrama de Gantt Definitiu

## 1.5 Breu sumari de productes obtinguts

En aquest projecte s'ha volgut treballar en una solució de sensors agraris capaços d'obtenir dades dels camps de conreu, amb l'objectiu de millorar les collites amb una millor precisió en la presa de decisions de les necessitats que els cultius requereixen. Sempre amb quatre premisses fonamentals per tal d'estar alineats amb el medi ambient i la sostenibilitat econòmica i ambiental, com són:

- Reduir costos en la implementació,
- Que els sensors tinguin un consum elèctric baix
- Així com que es puguin alimentar a través d'energia renovable i
- Finalment que el sistema sigui lleuger, de fàcil implementació i Open Source.

En base a aquests requeriments es pot assegurar haver obtingut un producte que compleix amb aquest requisits:

- Al fer servir microcontroladors i sensors basats en Arduino, els costos d'aquest dispositius són molt assequibles.
- Com s'ha comentat aquest sensors basats en Arduino, així com els seus sensors, són coneguts pel seu baix consum elèctric.
- També s'ha implementat una bateria solar que alimenta sense dificultats els components electrònics. Durant el dia fa la carrega necessària per mantenir-se viva.
- Els codis de programació han estat resumits i ajustats a la minia expressió per tal de recollir el necessari dels sensors. Els llenguatges emprats com C per Arduino i Python per la recepció de les dades al servidor, són llenguatges que tenen un futur en aquest mercat, i la interpretació d'aquests són molt intuïtius. Així com l'ús d'una base de dades plana com SQLite, redueix molt el consum de recursos en els sistemes.

Com a valor afegit a aquest aspectes comentats, s'implementa un sistema de comunicació sense fils basat en ZigBee, aquest protocol redueix molt les configuracions per comunicar dispositius, també aporta major cobertura en la transferència de dades. El seu baix consum energètic es un punt a favor en base a les premisses inicials, tant mateix el seu cost d'implementació el fan el candidat ideal per complir amb els objectius plantejats.

El resultat final es un node de sensors interconnectats mitjançant un microcontrolador basat en Arduino alimentat amb una bateria de liti amb capacitat de carrega sense fils amb plaques fotovoltaïques, tot contingut en una caixa estanca.



*Il·lustració 4 - Protoip Node*

### 1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria

En aquesta memòria es pot trobar l'estat de l'art, on es posa en context temporal i ambiental l'estat actual així com els reptes que la humanitat ha de fer front en els següents segles. També es fa un recorregut per les solucions actuals en aquest camp de coneixement. En vers això fem una proposta de valor afegit.

En el següent capítol s'explica detalladament els elements físics que es faran servir durant el projecte, i que s'ha fet servir per fer la implementació final. Al final del capítol es mostra els passos seguits en la implementació del prototip.

A continuació s'explica la implementació lògica, quins elements de software s'han fet servir i s'explica en que consisteixen els llenguatges de programació emprats, s'explica detalladament els codis de programació que s'han escrit per portar a terme el prototip, finalment es detalla com es tracten les dades obtingudes pel node.

Es farà una valoració econòmica del que costa portar a terme aquest prototip.

Finalment es farà una sèrie de casos pràctics amb el prototip per analitzar el seu comportament.

## 2. Estat de l'art

### 2.1. Introducció i evolució en el temps

**Primera Generació**, es la agricultura de subsistència, des de l'antiguitat fins començaments S.XVIII.

Les primeres datacions d'agricultura es tenen a l'era Neolítica, que deixen el nomadisme pel sedentarisme i es converteixen en productors dels seus propis cultius. Una de les principals raons és el canvi que van viure ( període Holocè) , durant aquest període les temperatures van augmentar considerablement, entrant en una era de desgel.<sup>[8]</sup>

**Segona Generació**, s'inicia amb la mecanització agrària i industrialització del camp.

Durant aquest període van transformar l'agricultura que va permetre la producció massiva de cultius. El creixement demogràfic de principis del segle XIX hauria estat impossible sense una ampliació de l'oferta d'aliments.

A partir de 1750 i al llarg de tot el segle XIX, el creixement de la població mundial s'accelera i es fa continu. Aquest canvi es deu a l'augment de la població d'Àsia i, sobretot, d'Europa, que inicia la seva transició demogràfica. Gràcies al progrés agrícola i dels progressos en la medicina, la mortalitat baixa, mentre que, al mateix temps, la natalitat es manté elevada.

El creixement natural augmenta amb força. Per aquesta "explosió demogràfica", Europa passa de 125 milions d'habitants el 1700 a 400 milions el 1900, convertint-se així en una de les regions més poblades del món.<sup>[9][10]</sup>

**Tercera Generació**, inclusió de les noves tecnologies a l'agricultura per optimitzar els recursos.

La modernització de l'agricultura es va convertir en un objectiu de totes les societats del mon durant el segle XX. Tot això ha beneficiat als agricultors. Els avenços tecnològics han proporcionat maquinària, fertilitzants i pesticides així com desenvolupaments genètics, mitjançant la Revolució Verda, que ha permès produir més i amb menys esforç.

Tant mateix l'agricultura d'aquesta era ha tingut seriosos problemes amb l'escalfament global que es va iniciar a finals del segle XIX, causant el descongelament dels glaciars i fent així augmentar el nivell del mar, així com grans sequeres. L'origen d'aquests desastres era el canvi climàtic i també la collita intensiva de productes de mercat (cash crops).<sup>[11]</sup>



## 2.2. Definició i context temporal

Com s'ha pogut veure en el punt anterior, hi ha unes constants a totes les etapes com són el canvi climàtic i l'augment de la població, que fan que el món agrari evolucioni i/o s'adapti i apareixen termes com Agrotech o Agricultura 4.0.

Quan es parla del terme Agrotech s'està parlant de l'aplicació i integració de les noves tecnologies a tot el que té a veure amb el sector primari (agricultura, ramaderia, horticultura, etc.) tant des del punt de vista del cultiu, com dels processos productius o, fins i tot, de la comercialització dels productes.

L'objectiu de la unió de agricultura i noves tecnologies és la d'impulsar la producció en qualsevol economia i oferir solucions que beneficiïn tant al productor com al consumidor. [12]

Els principals avantatges d'aquest terme són:

- Impuls d'un sector clau en l'economia mundial.
- Digitalització del sector.
- L'Agrotech fa incís en una societat més respectuosa amb el medi ambient ja que fa servir tecnologies netes.
- Predicció de plagues i registre de qualsevol succés gracies al BigData.
- Millor aprofitament dels recursos: Agricultura de precisió, es un terme que defineix la gestió de parcel·les de cultiu on requereix un conjunt de tecnologies formades per:
  - o Sistema Global de Navegació per Satèl·lit (GNSS)
  - o Sensors terrestres
  - o Imatges Satel·litals
  - o Sistemes d'informació Geogràfica (SIG)

La informació recollida és emprada per avaluar amb més precisió la densitat òptima de sembra, estimar la quantitat adequada de fertilitzants i predir amb més exactitud el rendiment i la producció dels cultius.[13]

És en aquest últim punt on es fa èmfasi ja que aquest projecte tracte de la agricultura de precisió. Els sensors ofereixen informació, recollida directament dels camps de cultius, que serveix de suport en la presa de decisions. Els productors que aposten per aquestes noves tecnologies obtenen dades que els ajuden a millorar la qualitat dels seus cultius, anticipar-se a problemes i finalment a millorar els resultats de les collites.

Hi ha un ventall de sistemes de sensors[14]:

- Sensors de monitoreig del sòl agrícola: Recopila les característiques físiques i químiques de la terra.
- Sensors a base d'imatges: Anàlisi de danys físics, cobertura del sòl per residus per detectar plagues o infermetats, o la eficiència en la segmentació dels cultius.
- Xarxa de sensors: Es tracte d'una complementació de diferents sensors que ofereixen un anàlisi de la situació del camp.
- Sistema de sensors combinats amb agrorobotica: Els sensors poden comunicar-se amb els diferents vehicles (tractors, sembradores) enviant la informació necessària per que compleixin la seva tasca de la manera més eficient.

### 2.3. Solucions actuals

Avui dia hi ha moltes empreses al sector que donen solució a aquesta creixent demanda.

Es pot distingir les solucions professionals segons el tipus de tecnologies que fan servir, per una banda hi han les empreses que fan un control i monitoreig del sòl mitjançant drons que escanegen el terreny mitjançant sensors incorporats, per altra banda es focalitza en les empreses que implementen xarxes de sensors ens camps de cultius.

#### 2.3.1. Sistemes basats en teledetecció amb drons i/o satel·litals.

La teledetecció és la tècnica mitjançant la qual es poden obtenir imatges d'una superfície de manera aèria i inclou tot el treball posterior de tractament d'aquestes imatges, així com el seu processament i interpretació. De manera anàloga, els satèl·lits i drons poden adquirir imatges radiomètriques per al benefici dels cultius. Els drons són vehicles aeris tripulats de manera remota capaces de portar diferents sensors de mesurament (termogràfica, multiespectral, òptica); per contra, els sensors embarcats en plataformes satel·litàries poden incloure sensors òptics i multiespectrales i, encara que també existeixen sensors tèrmics i radar, la seva resolució no és adequada per a l'aplicació en Agricultura de Precisió.

#### 2.3.2. Sistemes basats en xarxa mallada de sensors.

Aquest sistemes estan formats per un equip remot que consta de circuits i un sistema de comunicació amb alimentació autònoma i al que li acoplem sensors en funció de les necessitats de les lectures requerides. Aquests sensors capten la informació de l'entorn (temperatura, humitat ambient/sol, radiació solar, pluviòmetre, etc) i ho transfereix a l'equip remot mitjançant comunicacions sense fils que, al seu temps, les gestiona i fa diferents usos segons les necessitats.

### 2.3.3. Empreses al sector

La posada en marxa de les Xarxes de Sensors Sense fils en l'agricultura necessiten diferents etapes:

- Identificar la quantitat d'equips remots i sensors necessaris així com la seva ubicació segons l'abast del terreny.
- Instal·lació, programació i comunicació dels sensors amb el centre de control.
- L'usuari final accedeix per ordinador, mòbil o tablet a tota la informació captada pels sensors a través d'una aplicació pròpia.

Fent una cerca no hi ha un sistema o empresa puntera en el sector, tots ofereixen solucions a mida aplicables a qualsevol entorn, alguns exemples d'empreses amb les mateixes aspiracions que aquest projecte són:

#### 2.3.3.1. QUAMPO

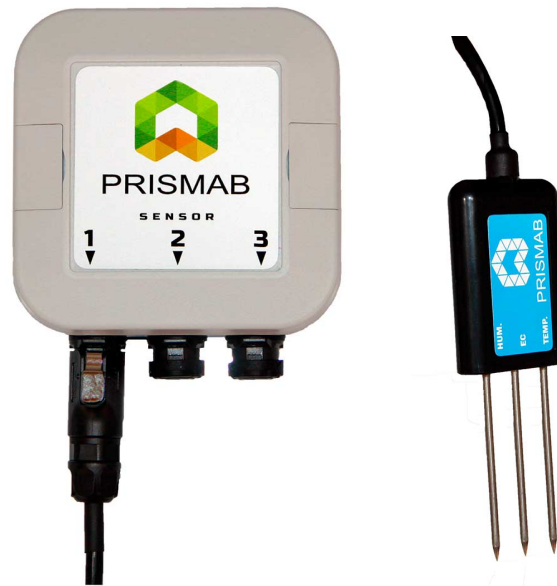
Empresa d'Enginyeria orientada a dissenyar i fabricar solucions de monitorització i control per al mercat de l'Internet de les Coses. Especialitzats en sistemes encastats de ultrabaix consum i comunicacions sense fils. [15]

Ofereixen serveis de desenvolupament de productes electrònics a mida, des de la seva concepció fins a la seva fabricació en sèrie.

Es basen en uns dispositius, anomenats Qbics, que es connecten a una sèrie de sensors que prenen dades d'aigua, sòl, planta i clima, per enviar-los sense fils a Qampo Cloud propietària d'aquesta empresa, una plataforma d'anàlisi d'informació que permet accedir a les dades en temps real i des de qualsevol lloc a través del web o de dispositius mòbils.

#### 2.3.3.2. PRISMAB

Prismab és una solució tecnològica que mesura els principals paràmetres agronòmics. Consisteix en una xarxa de sensors que permet monitoritzar en temps real els valors més importants per a l'agricultor, com la quantitat d'aigua en sòl, la salinitat o la temperatura del sòl, entre d'altres. Els sensors s'enterren i es connecten a un transmissor que envia la informació a Internet i l'agricultor, mitjançant una aplicació web, pot accedir a totes les dades que s'han registrat, des de qualsevol dispositiu connectat a la Xarxa.



*Il·lustració 5 Microcontrolador i sensor de Prismab. PRISMAB. (2019). Tecnologia. <https://prismab.com/tecnologia/>*

La informació que aporta Prismab permet regar de forma més precisa, aportant als cultius l'aigua que necessiten en la seva justa mesura, el que pot reduir fins a un 30% el consum. També pot contribuir a millorar la producció: l'aigua, per excés o per defecte, pot espatllar una producció. I a més ajuda a l'agricultor a prendre un altre tipus de decisions en funció de la salinitat del sòl i la seva temperatura.[16]

#### 2.3.3.3. Libellium's Waspnote

Libellium és una multinacional tecnològica espanyola, fundada el 2006. [17]

Dissenya i fabrica maquinari i un kit complet de desenvolupament de programari (SDK) per a xarxes de sensors sense fils perquè integradors de sistemes, enginyeria i consultories puguin oferir solucions fiables d'Internet de les Coses (IOT), M2M (machine to machine, 'màquina a màquina') és un concepte genèric que es refereix a l'intercanvi d'informació o comunicació en format de dades entre dues màquines remotes) i Smart Cities

Libellium va rebre el Premi Nacional d'Informàtica 2015 que lliura la Societat Científica Informàtica d'Espanya (SCIE) en reconeixement a la seva trajectòria, creixement i internacionalització durant els deu anys d'activitat.

Exporta solucions tecnològiques a més de 100 països, fet que suposa que el 90% de la producció es destina a mercats internacionals.

## Smart Agriculture Xtreme IoT Vertical Kits



Application examples:

Application	Description	Sensors
Wine Quality Enhancing	Monitoring soil moisture and temperature, humidity and leaf wetness sensors, allows to control the grapevine health and grape quality, as well as to control micro-climate conditions to maximize the production	Ambient parameters (weather conditions, radiation...), soil moisture, conductivity and temperature, leaf wetness
Greenhouses	Production of 4th generation of crops: baby leaves, strawberries, tomatoes...	Radiation, air temperature and humidity, leaf wetness, soil moisture, conductivity and temperature
Parks and Gardens	Controlling the irrigation system and the usage of water resources	Soil moisture, conductivity and temperature
Fruit Production	Improving crops production and reducing pests: olive, orchards, bananas...	Ambient parameters (weather conditions, radiation...), soil moisture, conductivity and temperature, leaf wetness

*Il·lustració 6 Solució de Agricultura de Precisió Libellium – Pressupost rebut del departament comercial de Libellium, no publicat a la seva web*

List of items included in the Smart Agriculture Xtreme Basic IoT Vertical Kit:

Item	Ref.	Quantity
Plug & Sense! Smart Agriculture Xtreme 868/900 <small>(EU, US, BR or AU [900] versions are provided, depending on kit)</small>	SAXB-868/900	1
Weather station GMX-240 (W-PO) probe	9463-P	1
Vapor pressure, humidity, temperature and pressure in soil and air probe	9471-P	1
Conductivity, water content and soil temperature 5TE probe	9402-P	1
Leaf wetness Phytos 31 probe	9466-P	1
Solar radiation (PAR) probe for Smart Agriculture Xtreme	9251-PX	1
External solar panel (power accessory for Plug & Sense!)	PAPS-ESP	1
Outdoors USB cable	256369	1
International adapter	10280	2
Meshlium 4G 868/900 AP <small>(EU, US, BR or AU versions are provided, depending on kit) (US version features a GPS receiver)</small>	M4G-868/900	1
Technical consultancy 2 hrs	TC-2	1
P&S! Programming Service (kit of Marketplace)	PROG-Mktplace	1
Meshlium visualization interface	MVIS	1

Includes Meshlium Sensor Visualizer interface – 100 times free access limit. After 100 log-ins a license fee can be acquired to keep on using it.  
We do not provide these codes, the nodes are already programmed in Libellium. Do not overwrite the code.



Ref / Total Price	
SAXBIVK-EU	– 5,600 €
SAXBIVK-US	– 5,600 €
SAXBIVK-BR	– 5,600 €
SAXBIVK-AU	– 5,600 €

*Il·lustració 7 Pressupost d'una solució bàsica de Libellium - Pressupost rebut del departament comercial de Libellium, no publicat a la seva web*

### 2.3.3.4. Treballs acadèmic

També es vol fer menció del treball acadèmic “DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE SENSORES PARA LA MONITORIZACIÓN DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS RELACIONADAS CON EL CRECIMIENTO DE UN CULTIVO” de la Universitat de Politècnica de Valencia, de Sergio Cano Leon.

On planteja un sistema semblant al proposat en aquets projecte. [18]

Aquest treball planteja un sistema basat en una placa Arduino on tots els sensors van connectats a ell, i aquest microcontrolador envia les dades per cable a un servidor central

## 2.4. Valor Afegit

Amb les solucions actuals, les quals fan servir sistemes propietaris, en aquest projecte es planteja fer un sistema obert, que no propietari, fàcilment escalable, amb un baix consum de recursos i reduint els costos de implementació.

Tant mateix es pretén millorar els sistema de comunicació mitjançant comunicacions inalambriques mitjançant la tecnologia ZigBee, que permet enviament de informació a través del port sèrie dels dispositius.

Com a punt de millora, si donés temps, afegiríem als nodes una placa fotovoltaica per fer-lo autosuficients.

## 3. Desenvolupament Hardware del prototip

### 3.1. Elements contenidors, connexió i energia

#### 3.1.1. Caixa Modular Estanca Legrand 601996E

Per tal de albergar tot el contingut del node, s'ha escollit una caixa estanca que permeti emmagatzemar els elements del node, aquest elements són l'Arduino, la placa protoboard per fer les connexions, els cables que connecten els sensors amb la placa i finalment la bateria solar.

Les seves característiques són

- Caixa impermeable: per a exterior; protecció IP65 contra els dolls d'aigua i l'entrada de pols.
- Caixa connexions elèctriques: fàcil muntatge i adaptació; caixa i porta totalment reversibles
- Waterproof IP65: resistència a el fil incandescent 650 ° c (autoextingible)
- Caixa connexions transparent: distància entre perfils de 150 mm; màxim confort i modularitat
- Caixa connexions paret: dimensions: 1,6 x 16,7 x 20,5 cm; pes: 581 gr



*Il·lustració 8 - Caixa estanca - frontal*

S'aprofitarà la finestra transparent per fixar la placa fotovoltaica solar per la carrega sense fils de la bateria.

#### 3.1.2. Bateria Poweradd carregador solar de 1200mAh

L'objectiu d'aquesta bateria es alimentar elèctricament la placa Arduino i els sensors que la connecten. A més disposa d'una placa solar que permet la carrega amb energia solar. Això fa dels nodes elèctricament autosuficients.

Te una capacitat de 1200 mAh/44,4Wh. Disposa de dos connectors USB tipus A amb 5V/2A cadascun.



*Il·lustració 9 - Bateria Externa*

#### 3.1.2.1. Cables elèctrics

Cables elèctrics per fer les connexions necessàries entre l'Arduino i els sensors. Hi ha una gran varietat de pins:

- Pins Mascle-masclé
- Pins Mascle-Femella
- Pins Femella-femella

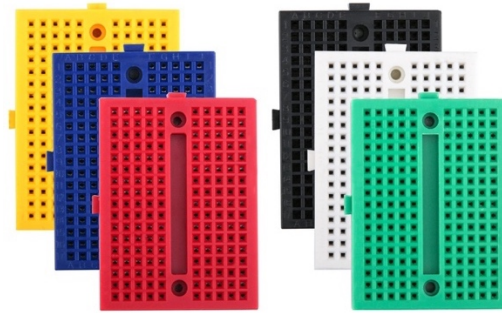


*Il·lustració 10 - Cables elèctrics*



### 3.1.3. Placa Protoboard

Placa per poder fer les diferents connexions entre els sensors i els nodes.



*Il·lustració 11 - Protoboard*

## 3.2. Elements de control i comunicació

### 3.2.1. Plaques programables Arduino

Arduino és una placa electrònica de codi obert, flexible i amb molta documentació a les xarxes. Esta ideada per desenvolupar projectes autònoms, fent lectura de les seves entrades analògiques i digitals, segons aquestes lectures la placa interaccionarà amb el seu entorn, mitjançant elements de sortida.

Hi ha moltes alternatives a la plataforma Arduino, com per exemple BX-24, Phitdgets, MaxMSP, Pure Data, etc.), S'ha escollit Arduino i no pas un altre plataforma pels següents motius:

#### Costos reduïts

Les plaques Arduino tenen un baix cost, fent molt assequible la seva obtenció. Gràcies a la seva potencialitat i el seu reduït cost pot competir amb altres controladors de caràcter propietari que requereixen de llicència per ser utilitzats. És una molt bona alternativa per implementar projectes com el aquest on un dels requisits bàsics és el baix cost en els elements del prototip.

#### Flexibilitat

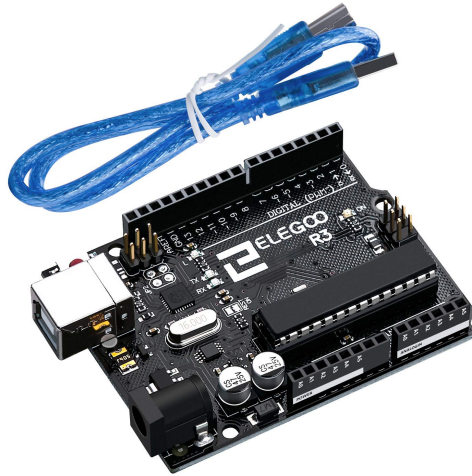
Amb les plaques Arduino es pot treballar a qualsevol plataforma des de MacOSx, Linux, passant per Windows. Gràcies a que és de codi obert hi ha moltes eines que ens permeten interaccionar amb ells per ser programats, dos de elles són Scratch [20], aquest software de programació està pensat pels més petits, i Arduino IDE, escrit en llenguatge Java, ens permet escriure i carregar el codi a plaques compatibles amb Arduino, aquest programa permet llenguatges de programació C i C++.[21]

## Gran varietat de plaques

Al mercat hi ha una gran varietat de plaques programables Arduino, la gran diferència entre elles són les connexions disponibles, quantitats de entrades analògiques i digitals, i tipus de connexió de comunicació.

## Decisió final

Després de fer l'anàlisi de les diferents opcions s'ha escollit la placa ELEGOO UNO R3 aquesta placa te les mateixes prestacions que ARDUINO ONE, es la replica exacta però sense ser marca Arduino, això fa que el cost es vegi reduït significativament. S'ha escollit aquesta i no un altre perquè s'adaptava molt bé a la necessitat plantejada de sensors tant analògics com digitals a connectar així com pel preu reduït que aquesta placa té.



*Il·lustració 12 - Arduino ONE R3*

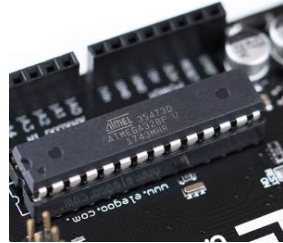
Aquesta placa disposa de 8 pins analògics i 14 digitals, que per al muntatge inicial dels 4 sensors, hi han I/O suficients.



*Il·lustració 13 - I/O Analògiques*

Fa servir un microcontrolador ATmega328P amb 32KB de cache, fa servir el mateix que l'oficial Arduino ONE R3.

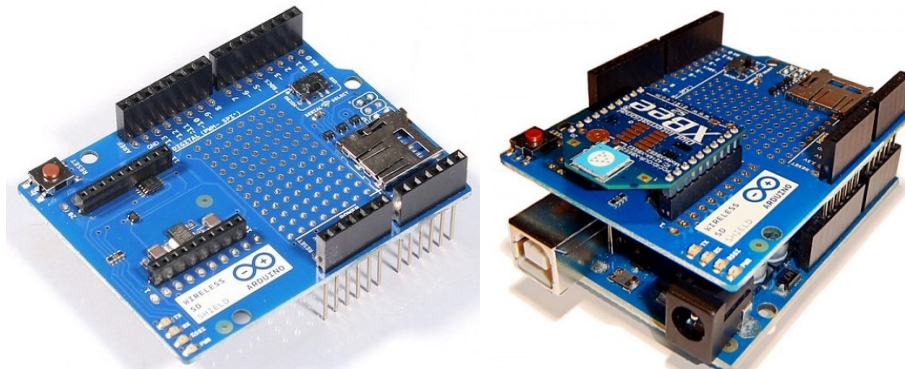
Aquesta placa treballa entre 7-12 V d'entrada i atorga als dispositius I/O voltatges de 3 o 5 V.



*Il·lustració 14 - CPU*

### 3.2.2. Arduino Shild SD – Xbee

És una placa expansora de connexions per l'Arduino ONE que permet afegir comunicacions inalàmbriques mitjançant un tercer mòdul XBee o bé un mòdul Wifi. En aquest cas s'ha necessitat per connectar un mòdul XBee que explicarem en el següent punt.



*Il·lustració 15 - Arduino Shild SD – Xbee*

### 3.2.3. Mòdul Xbee

És un mòdul de radiofreqüència de Digi, que admeten xarxes de malla de baix cost, de baix consum, de peer-to-peer o de malla sense fils. Aquests mòduls ofereixen un lliurament fiable de dades entre dispositius remots.

Digi ofereix dos tipus d'antena , sèrie 1 i sèrie 2, també coneguda com Znet 2.5, ambdós son models molt semblant ja que tenen el mateix pin-out i treballen a la freqüència de 2,4 Ghz però treballen amb chipsets diferents i treballen amb protocols completament diferents.

La sèrie 1 està basada en el chipset Freescale i està pensada per connexions punt a punt i punt multipunt. Els mòduls Sèrie 2 estan basats en el chipset Ember i estan dissenyats per ser utilitzats en sistemes que requereixen repetidors una xarxa mesh. Tot i que ambdós mòduls poden ser configurats en mode AT i API, que més endavant explicarem.

Amb aquests mòduls es poden dissenyar aplicacions de comunicacions sense fils de baix consum energètic com els requisits del projecte.



*Il·lustració 16 - Modul Xbee*

Per la realització d'aquest projecte s'ha escollit el sèrie 2 (versió S2C), tot i que pel plantejament del projecte, es basa en una xarxa distribuïda de nodes distribuïts pel camp de cultiu, però per la realització del prototip s'ha dissenyat un sistema punt a punt.

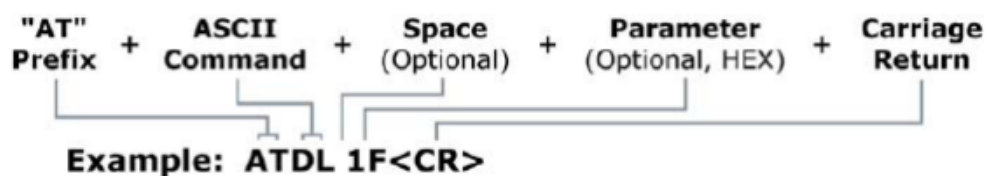
Aquest mòdul té un abast de 60 metres en llocs tancats i de fins a 1200 metres a l'exterior, amb vista directe i amb les millors condicions. [22]

- Freqüència de treball: 2.4 GHz
- Velocitat de dades (max): Fins 250.000 b/s
- Tècnica de modulació: DSSS
- Rang de senyal: Fins a 1200 metres
- Sensibilitat: -100 a -102 dBm
- Voltatge de la font: 2.1 V ~ 3.6 V
- Potència - Recepció: 33 a 45mA
- Corrent - Transmissió: 28 a 31 mA
- Interfície de comunicació: SPI, UART
- Capacitat de memòria: 32kB Flash, 2Kb RAM
- Tipus de muntatge: Through Hole
- Temperatura d'operació: -40 ° C ~ 85 ° C

Hi ha bàsicament tres modalitats d'operació XBee: Transparent, Comandes, i API. [23]

### 3.2.3.1. Mode Comandes

Aquest mode permet ingressar comandes AT al mòdul Xbee. Permet ajustar paràmetres com la direcció destí, així com el mode d'operació entre d'altres. Per fer aquestes adaptacions és necessari fer servir el Hyperterminal de Windows o el programa X-CTU (en els apartats de Software veurem el seu ús).

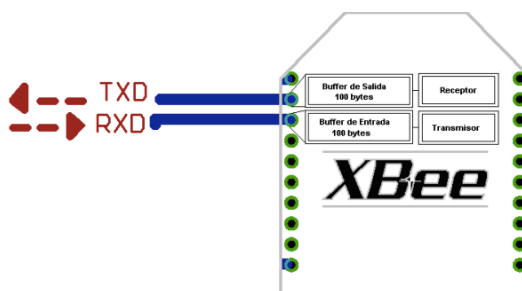


Il·lustració 17 - Trama AT Xbee

### 3.2.3.2. Mode Transparent

Aquest mode està pensat per la comunicació punt a punt, on no és necessari punt de control. Aquesta es la configuració més senzilla possible. Aquest mode ve predeterminat als mòduls Xbee.

Tot el que passa pel port UART (DIN, pin3), és enviat es guardat al buffer de sortida al mòdul desitjat. Empaquetat, es a dir, s'integra a un paquet RF i s'envia.



Il·lustració 18 - Diagrama Xbee

### 3.2.3.3. Mode API

Aquest mode es el més complex, però permet l'ús de trames amb capçalera, per tal d'assegurar l'entrega de les dades, semblant al TCP. Tota la informació que entra i surt, és empaquetada en trames que defineixen operacions i events dins del mòdul.

Així, un frame de Transmissió d'Informació (informació rebuda pel pin 3 o DIN) inclou:

- Frame d'informació RF transmesa.
- Frame de comandaments (equivalent a comandaments AT).

Mentre que un frame de Recepció d'Informació inclou:

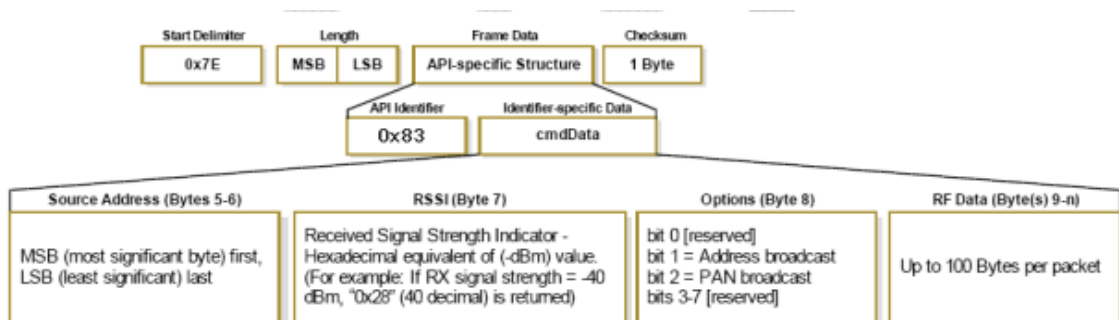
- Frame d'informació RF rebuda.
- Ordre de resposta.
- Notificacions d'esdeveniments com Reset, ODEM do, Disassociate, etc.

Trama API:



Il·lustració 19 - Trama API XBee

El primer octet 0x7E indica el començament del frame. Els dos bytes següents indiquen el llarg només del Frame de Dades (Frame Data) (és a dir, tot el frame sense comptar ni el byte 0x7E, ni el llarg-Length, ni el byte Checksum). L'estructura API que ve després es compon del següent:



Il·lustració 20 - Estructura trama API

L'identificador API 0x83 (quart byte de l'frame) indica que s'estan rebent dades utilitzant adreçament de 16 bits. Els dos bytes següents (el byte 5 i 6) indiquen la direcció d'origen. El byte 7 indica el RSSI (Received Signal Strength ODEM dor) que permet determinar la potència del senyal des d'on vénen les dades. El byte 8, es divideix en bit, dels quals el bit 1 indica si és un broadcast d'adreçament utilitzant la mateixa PA (broadcast amb DL = 0xFFFF) i el bit 2 que indica un broadcast de totes les xarxes PAN (broadcast amb ID = 0xFFFF). Després a partir del byte 9, fins al nombre de byte donat

pel byte de Length, corresponen a les dades obtingudes de la manera Cable Virtual provinents d'un altre mòdul.

### 3.2.4. XBee Explorer USB

Aquesta tarja permet integrar el mòdul XBee per cable USB al dispositiu final. Serveix tant per Sèrie 1 com Sèrie 2 i també per la versió PRO.



*Il·lustració 21 - XBee Explorer USB*

En aquest cas es farà servir aquesta tarja juntament amb un model XBee que actui com a coordinador rebent les dades dels altres nodes i emmagatzemant-les al servidor.

## 3.3. Elements d'entrada

### 3.3.1. Sensor Humitat Ambiental DHT11

El DHT11 és un sensor d'humitat relativa i temperatura de baix cost i de mitjana precisió a un baix preu. La sortida subministrada és de tipus digital utilitzant solament 1 pin de dades.

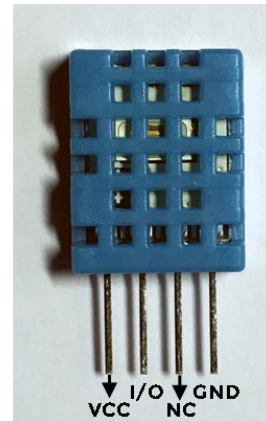
La implementació d'aquest dispositiu es molt simple a nivell d'instal·lació com de configuració ja que l' IDE Arduino disposa de les llibreries . Pel que fa a el maquinari, només cal connectar el pin VCC d'alimentació a 3-5V, el pin GND a Terra (0V) i el pin de dades a un pin digital a l'Arduino.

#### 3.3.1.1. Especificacions Tècniques

- Voltatge d'Operació: 3V - 5V DC
- Rang de mesurament de temperatura: 0 a 50 ° C
- Precisió de mesurament de temperatura:  $\pm 2.0$  ° C
- Resolució Temperatura: 0.1 ° C
- Rang de mesurament d'humitat: 20% a 90% RH.



- Precisió de mesurament d'humitat: 5% RH.
- Resolució Humitat: 1% RH
- Temps de sensat: 1 seg.
- Interface digital: Single-bus (bidireccional)
- Model: DHT11
- Dimensions: 16 \* 12 \* 5 mm
- Pes: 1 gr.
- Carcassa de plàstic celeste



*Il·lustració 22 - Sensor DHT11*

### 3.3.1.2. Pins

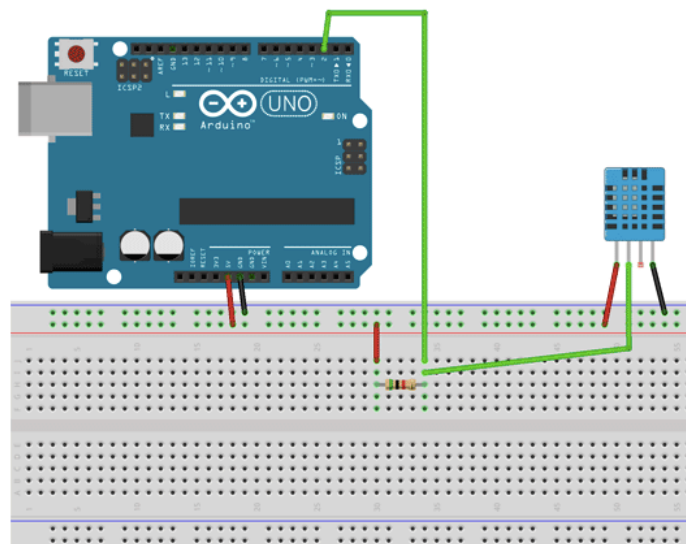
- VCC: alimentació
- I/O: transmissió de dades
- NC: no connecta, pin al aire
- GND: connexió a terra

### 3.3.1.3. Connectivitat

És recomanable utilitzar una resistència de 4.7K Ohm en mode Pull-up, entre el pin de Dades i VCC.

La connectivitat amb la placa Arduino seria de la següent forma:

En aquest cas s'ha fet servir l'entrada digital 2 de la placa Arduino.



*Il·lustració 23 - Connexió DHT11*



#### 3.3.1.4. Transmissió de dades

Tot i que es connecta aquest sensor a un pin digital aquest sensor no deixa de ser analògic, dins del propi dispositiu es fa la conversió.

Per tant es parteix d'una senyal analògica que es converteix en digital per ser enviada a l'Arduino. La trama de dades es de 40 bits corresponent a la informació d'humitat i temperatura.

<u>0011 0101</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0001 1000</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0100 1001</u>
<b>8 bits humedat</b>	<b>8 bits humedat</b>	<b>8 bits temperatura</b>	<b>8 bits temperatura</b>	<b>bits de paritat</b>

*Il·lustració 24 - Trama DHT11*

Els dos primers octets son enters i decimals respectivament de la humitat i els dos següents de la temperatura, finalment l'últim octet es dedicat a la paritat per evitar errors.

#### 3.3.2. Sensor d'Humitat de Sòl SN0114.

Existeixen molts sensors que permeten el control d'humitat en sol. S'ha escollit aquest per la seva facilitat en instal·lació i configuració.

Aquest sensor utilitza les dues sondes per passar corrent a través del sòl, després llegeix la resistència que es produeix amb la humitat de la terra per obtenir el nivell. Quanta més aigua fa que la conducció elèctrica de terra sigui més fàcil (menys resistència), mentre que si el sòl està sec això es tradueix en un mal conductor de l'electricitat (major resistència). Les puntes estan tractades per resistir millor l'oxidació i allargar la seva vida útil.

Cal aclarir que aquest sensor és de baix poder i que només detecta si hi ha humitat en valors absoluts, si volem saber el percentatge d'humitat de terra aquest sensor no té la capacitat per a aquesta proesa, requeriria de sensors més professionals, es pot plantejar com una opció de millora futura.

##### 3.3.2.1. Especificacions Tècniques

Aquestes són les característiques mes rellevants del sensor.

- Mesura analògica de la humitat amb sortida de variació de voltatge.
- Pins de connexió de la targeta: VCC: alimentació, GND: Terra, AO: Sortida anàloga del mesurament d'humitat
- Voltatge d'alimentació: 3.3V a 5V
- Corrent 35mA Max.

- Dos forats de subjecció al sensor de diàmetre 3 mm aprox. i un forat de subjecció en el mòdul electrònic de 2 mm aprox.
- Dimensions aprox: Sensor 6 cm x 2 cm. Mòdul electrònic 4 cm x 1.5 cm

### 3.3.2.2. Valors que pot adoptar la sortida

La següent taula és una representació aproximada de les condicions d'humitat de terra després d'obtenir la lectura analògica amb l'arduino, tenint en compte que la conversió analògica que realitza l'arduino és de 0 a 1024 amb 10bits de conversió, això realitza mitjançant la funció analogread, aquesta funció conté un convertidor d'analògic a digital multicanal de 10 bits. Això vol dir que mapejarà voltatges d'entrada entre 0 i el voltatge d'operació (5V o 3.3V) en valors enters entre 0 i 1023, sent aquests els valors representatius de la humitat del sòl, sense valors d'unitats.

Condicció	Valor mínim	Valor màxim
Sensor en sòl sec	0	300
Sensor en sòl humit	300	700
Sensor en aigua	700	950

*Taula 3 - Valors Sensor humitat sòl*

### 3.3.2.3. Pin

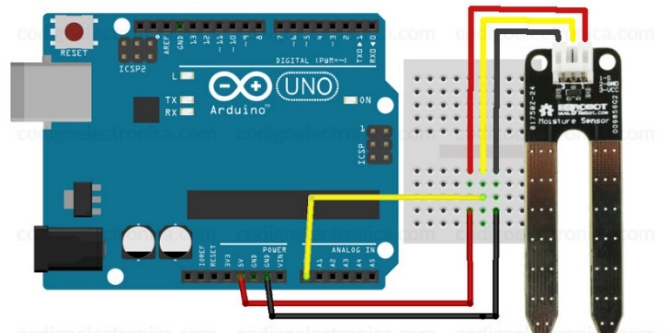
- VCC: alimentació
- I/O: transmissió de dades
- GND: connexió a terra



*Il·lustració 25 - Sensor SN0114*

### 3.3.2.4. Connectivitat

El connexionat és molt simple ja que disposa d'un connector propi i mitjançant cables extensors s'han de connectar a una entrada analògica, en aquest cas farem servir dos sensors d'aquest tipus per tal de mesurar dos profunditats diferents de sòl, per tant, necessitarem dos ports analògics (A0 i A1)



*Il·lustració 26 - Connexions SN0114*

### 3.3.3. Sensor digital de temperatura sol DS18B20

El DS18B20 és un sensor digital de temperatura que utilitza el protocol 1-Wire per comunicar-se, aquest protocol necessita només un pin de dades per comunicar-se i permet connectar més d'un sensor en el mateix bus.

El sensor DS18B20 té un encapsulat de fàbrica tipus TO-92. La presentació comercial més utilitzada per conveniència i robustesa és la del sensor dins d'un tub d'acer inoxidable resistent a l'aigua.

Amb aquest sensor podem mesurar temperatura des dels  $-55^{\circ}\text{C}$  fins als  $125^{\circ}\text{C}$  i amb una resolució programable des de 9 bits fins a 12 bits.

#### 3.3.3.1. Especificacions Tècniques

- Voltatge d'alimentació 3V a 5,5V
- VDD voltatge d'alimentació
- GND Terra
- DQ Dades
- Rang de temperatures  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$
- Error ( $-10^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$ )  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- Error ( $-55^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$ )  $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- Resolució programable 9-bit, 10-bit, 11-bit o 12-bit (default)

#### 3.3.3.2. Pins

La distribució dels pins dependrà de l'encapsulat. En qualsevol cas sempre es treballarà amb tres pins. Un pin per a alimentació VDD, un pin per terra GND i un pin per a la transmissió de dades DQ.



*Il·lustració 27 - Sensor DS18B20*

### 3.3.3.3. Connectivitat

Hi ha dues maneres d'alimentar el DS18B20. La primera seria la més simple i seria a través del pin VDD. La segona opció seria fer-ho mitjançant el mateix pin de dades DQ.

En les dues maneres possibles, sempre es posa una resistència pull-up amb el pin DQ. El motiu d'aquesta resistència és causa de l'electrònica per controlar el bus de comunicació. Utilitza un FET de drenatge obert que es comporta com una porta AND.

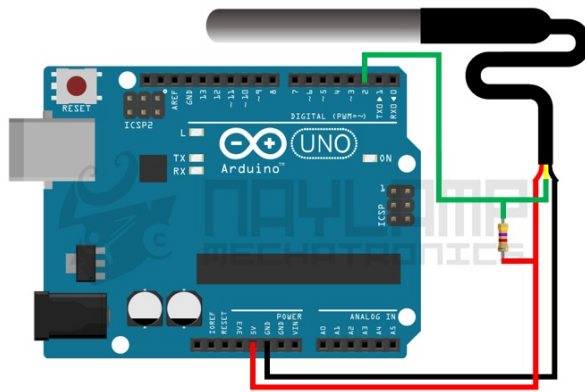
Quan tots els sensors, connectats al bus 1-Wire no enviïn dades, la línia de dades serà igual a la tensió que subministrem (pot ser de 3V a 5,5V) a causa de la resistència pull-up. En el moment que un sensor comença a transmetre, la línia canvia d'estat i ja sabem que hi ha un sensor transmetent dades.

L'únic que quedaria és determinar la resistència pull-up. La resistència que s'utilitzi dependrà de la longitud del cable. Per norma general es fa servir una de 4,7 kΩ.

<b>RESISTENCIA PULL-UP</b>	<b>DISTANCIA DEL CABLE (METRES)</b>
4,7 kΩ	De 0 m a 5 m
3,3 kΩ	De 5 m a 10 m
2,2 kΩ	De 10 m a 20 m
1,2 kΩ	De 20 m a 50 m

*Taula 4 - Valors Resistencia - Distancia cable*

En aquest cas s'ha connectat el sensor al pin digital 3.



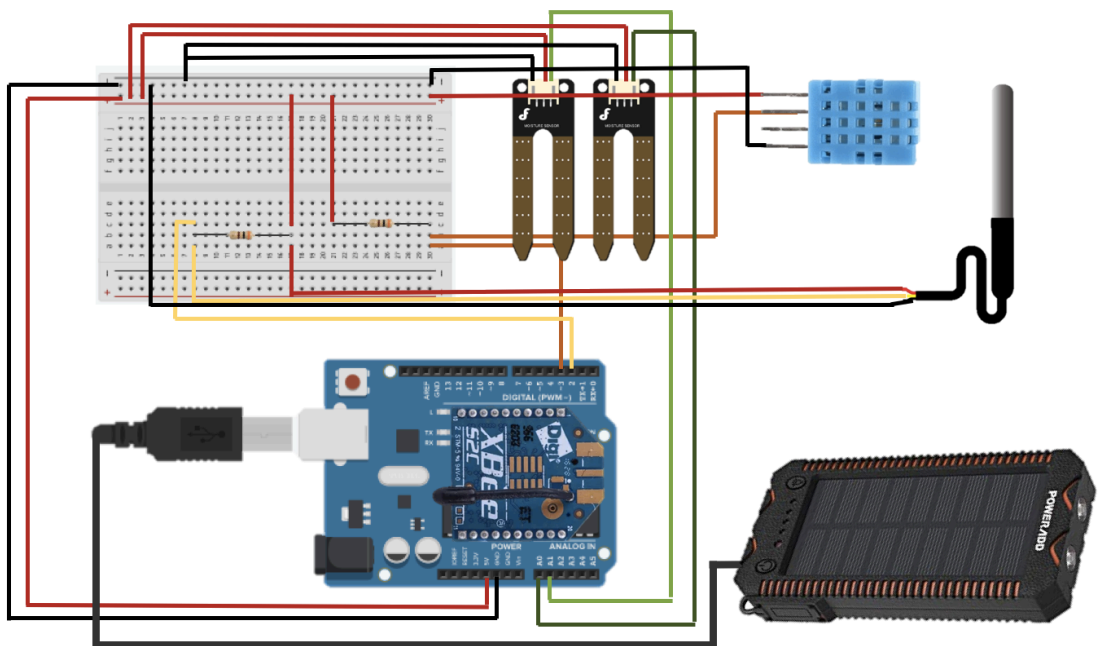
*Il·lustració 28 - Sensor DS18B20*

### 3.4. Disseny Prototip

En aquest apartat es mostra el procés de muntatge dels elements físics i les decisions preses a l'hora de la implementació

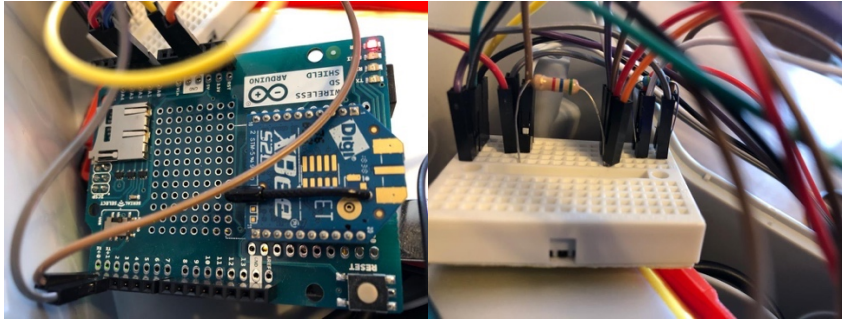
#### 3.4.1. Connexions Arduino-Protobard-Sensors

En aquest diagrama es pot apreciar les connexions que s'ha hagut de fer per interconnectar els elements a la placa.



*Il·lustració 29 - Connexions Arduino - Sensors*

En aquesta figura es pot apreciar les connexions reals a la protobard.



*Il·lustració 30 - Connexions Arduino Prototip*

### 3.4.2. Adaptar Caixa amb placa fotovoltaica i bateria

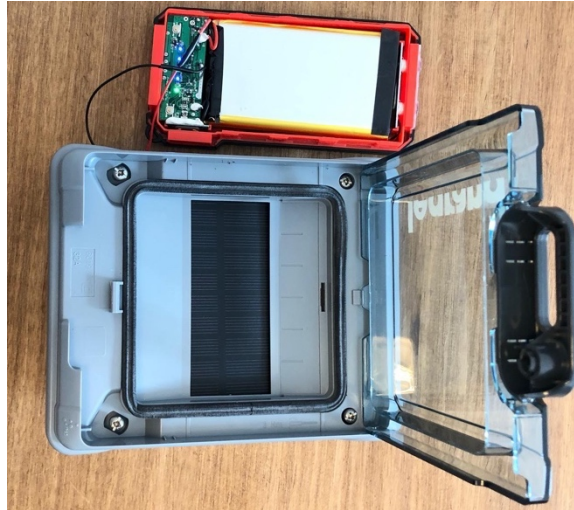
La bateria que s'ha adquirit per alimentar la placa Arduino, s'ha hagut de desmuntar per poder adaptar la placa fotovoltaica a la caixa tal i com es mostra a la següent figura, els cables de connexió entre la placa solar i la bateria s'ha hagut d'allargar, ja que eren molt curts per poder adaptar la bateria dins de la caixa amb comoditat.



*Il·lustració 31 - Instal·lació Bateria a Caixa*

La caixa té una ranura al front 10 x 5 cm, suficient per allotjar la placa solar, tot i que no mostra tota la superfície d'aquesta.



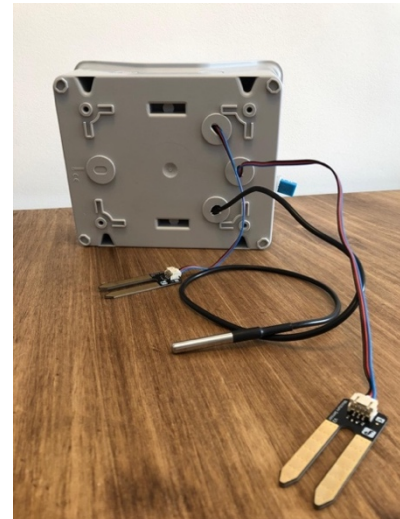


*Il·lustració 32 - Instal·lació Bateria frontal*

### 3.4.3. Col·locació sensors

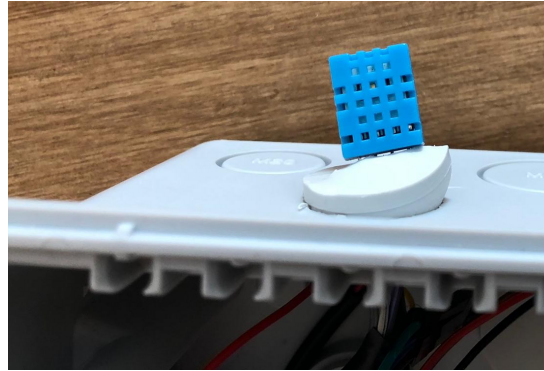
Els sensors s'han extret fora de la caixa estanca mitjançant els forats troquelats que aquesta ja tenia a la part inferior. S'ha segellat amb taps de silicona les sortides dels cables per mantenir la caixa estanca.

D'aquesta manera els sensors aniran enterrats al lloc on es col·loqui el node.



*Il·lustració 33 - Sensors terra a caixa*

En el cas del sensor d'humitat i temperatura ambiental, s'ha fet el mateix que els anteriors però per una apertura lateral.

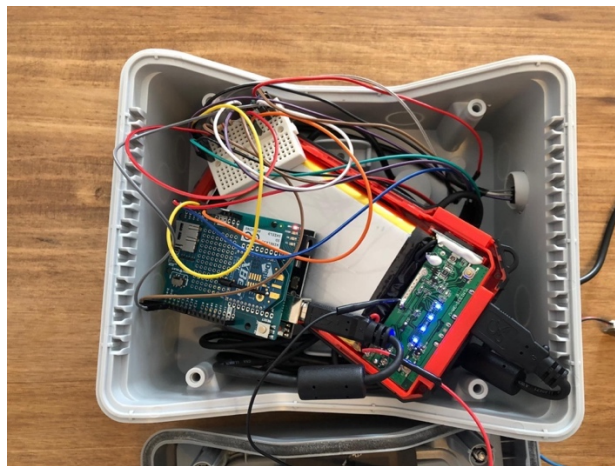


*Il·lustració 34 - Sensor DHT11 a Caixa*

#### 3.4.4. Emmagatzemar elements

A l'hora d'emmagatzemar l'electrònica dins de la caixa, al estar tot just no ha fet falta fixar els elements, s'ha reforçat les connexions dels cables als sensors i a la placa protoboard per tal de que no es desconnectin.

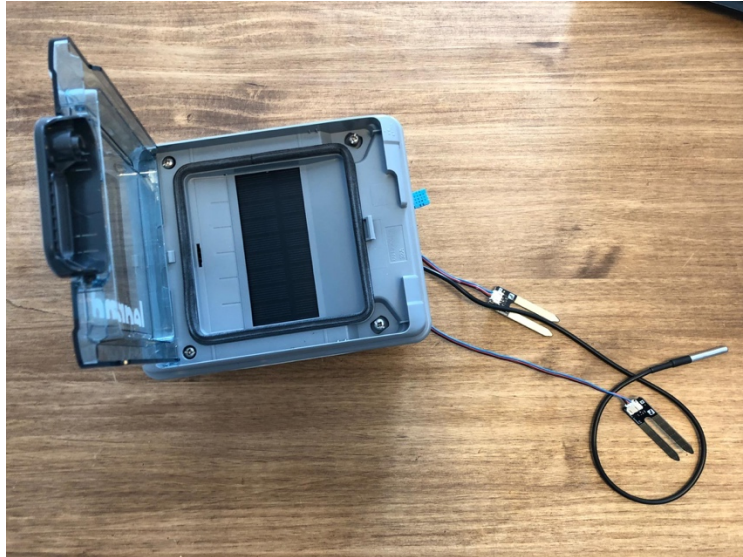
La bateria, al tenir una dimensió molt gran, fa que l'organització sigui molt ajustada, impedit que quedi tot ordenat.



*Il·lustració 35 - Contingut Caixa estanca*

Finalment es pot apreciar com queda tot dins de la caixa estanca





*Il·lustració 36 - Prototip final*

#### 3.4.5. Punts de millora

Com a punts de millores, és necessari reduir les dimensions de la bateria externa per tal de reduir el pes com per organitzar millor els elements electrònics.

## 4. Desenvolupament del Software, Sistema Operatiu i tractament de dades

### 4.1. Instal·lació dels sistemes

#### 4.1.1. Arduino IDE

L'entorn de desenvolupament integrat (IDE) d'Arduino és una aplicació multiplataforma (per a Windows, macOS, Linux) que està escrita en el llenguatge de programació Java. S'utilitza per escriure i carregar programes en plaques compatibles amb Arduino, però també, amb l'ajuda de nuclis de tercers, es pot usar amb plaques de desenvolupament d'altres proveïdors.

El codi font per al IDE es publica sota la llicència pública general de GNU [24], versió 2.2.

L'IDE d'Arduino admet els llenguatges C i C ++ utilitzant regles especials d'estructuració de codis. Subministra una biblioteca de programari de el projecte Wiring, que proporciona molts procediments comuns d'I/O. [25]

El codi escrit per l'usuari només requereix dues funcions bàsiques, per iniciar l'esbós i el cicle principal del programa, que es compilen i vinculen amb un apèndix de programa `main ()` en un cicle amb el GNU toolchain, que també és inclòs.

L'IDE d'Arduino empra el programa *avrdude* per convertir el codi executable en un arxiu de text en codificació hexadecimal que es carrega a la placa Arduino mitjançant un programa de càrrega al firmware de la placa. [26]

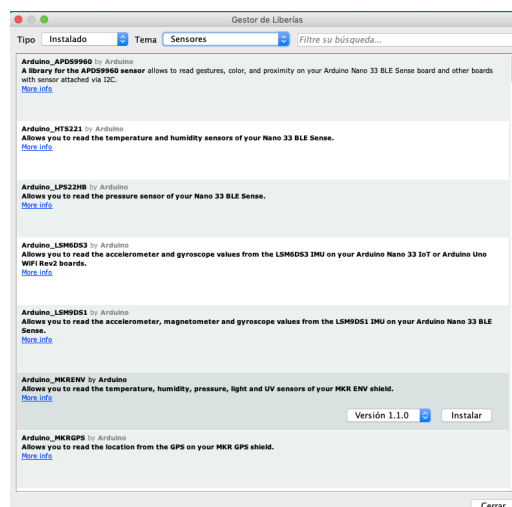
No s'entra en el procediment de la instal·lació, es farà un breu resum del aspectes més generals de l'ús d'aquesta eina.

L'entorn de treball és una finestra de programació on s'introdueix el codi, un cop programat tant sols cal compilar el codi dins del l'Arduino, que es trobarà connectat al portàtil.



*Il·lustració 37 - Arduino IDE*

En aquest entorn també es troba l'apartat de llibreries on es pot consultar i instal·lar totes aquelles llibreries necessàries per fer servir els diferents sensors, en l'apartat 4.2 es pot veure cada llibreria feta servir per la seva implementació.



*Il·lustració 38 - Llibreries Arduino IDE*

#### 4.1.2. Python

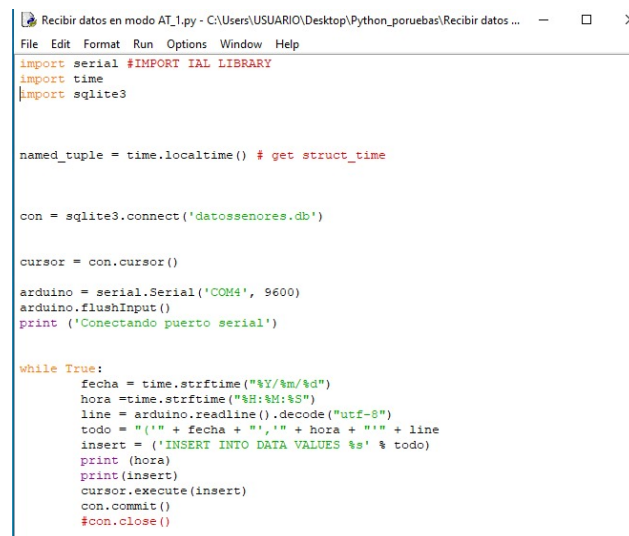
Python és un llenguatge de programació interpretat, la filosofia posa l'accent en la llegibilitat del seu codi.

Llenguatge de programació orientat a objectes i programació funcional, dinàmic i multiplataforma.[27]

Python es farà servir per rebre les dades a través de XBee al servidor i poder emmagatzemar-les a una base de dades.

Primerament s'ha hagut de preparar l'escenari, instal·lant el propi entorn de python que es pot trobar a la pàgina oficial del programa [28]. També es necessari pyserial, aquest mòdul encapsula l'accés del port sèrie [29]. Proporciona backends per a Python que s'executa a Windows, OSX, Linux, BSD (possiblement qualsevol sistema compatible POSIX) i IronPython. El mòdul anomenat "serial" selecciona automàticament el backend adequat. Finalment s'instal·larà la llibreria PIP, és un sistema de gestió de paquets que s'utilitza per instal·lar i gestionar paquets de programari, com els que es troben a l'índex de paquets Python [30].

Un cop instal·lat l'entorn IDLE Python, on es farà la programació del codi, i Python Shell on s'executarà el codi programat.



```

Recibir datos en modo AT_1.py - C:\Users\USUARIO\Desktop\Python_poruebas\Recibir datos ...
File Edit Format Run Options Window Help
import serial #IMPORT IAL LIBRARY
import time
import sqlite3

named_tuple = time.localtime() # get struct_time

con = sqlite3.connect('datosensores.db')

cursor = con.cursor()

arduino = serial.Serial('COM4', 9600)
arduino.flushInput()
print ('Conectando puerto serial')

while True:
    fecha = time.strftime("%Y/%m/%d")
    hora =time.strftime("%H:%M:%S")
    line = arduino.readline().decode("utf-8")
    todo = "(" + fecha + "," + hora + "," + line
    insert = ('INSERT INTO DATA VALUES %s' % todo)
    print (hora)
    print (insert)
    cursor.execute(insert)
    con.commit()
    #con.close()

```

*Il·lustració 39 - Python*

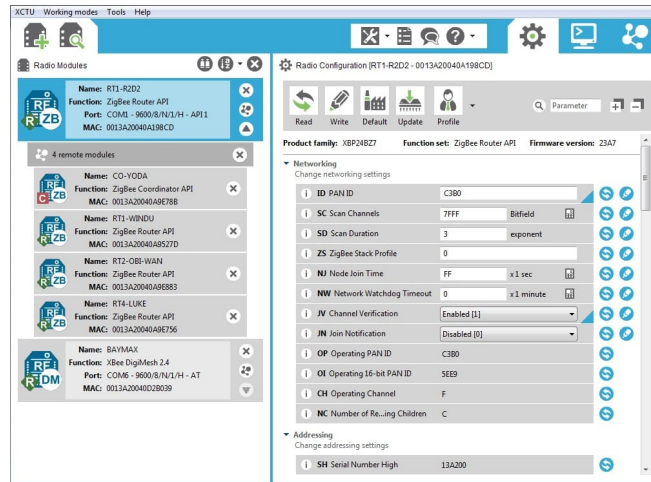
#### 4.1.3. XCTU

XCTU és una aplicació multiplataforma gratuïta dissenyada per permetre als desenvolupadors interactuar amb mòduls Digi RF mitjançant una interfície gràfica senzilla d'utilitzar. Inclou noves eines que faciliten la configuració, configuració i prova de mòduls XBee RF.

XCTU inclou totes les eines necessàries per posar en funcionament els mòduls XBee. La vista gràfica de la xarxa, que representa gràficament la xarxa XBee juntament amb la intensitat del senyal de cada connexió, i el creador de trames de l'API XBee, fan que la configuració d'aquest mòduls sigui molt intuïtiu.[31]

Com s'ha dit, aquest software s'ha emprat per configurar els mòduls XBee, els quals es transmetran les trames de les dades captades pels sensors.

Per poder fer la implementació es farà descarregant el paquet a través de la pàgina oficial.



Il·lustració 40 - XCTU

#### 4.1.4. DB Browser (SQLite)

El navegador DB per a SQLite (DB4S) és una eina de qualitat oberta visual i d'alta qualitat per crear, dissenyar i editar fitxers de bases de dades compatibles amb SQLite. [32]

DB Browser es una eina per la creació, tractament i disseny de base de dades compatibles amb SQLite

SQLite és una biblioteca en llenguatge C que implementa un motor de base de dades SQL, ràpid, autònom, d'alta fiabilitat, amb funcions completes. SQLite és el motor de bases de dades més utilitzat al món. SQLite està integrat a tots els telèfons mòbils i a la majoria d'ordinadors.

El codi font de SQLite es troba en el domini públic i és lliure per a tots els que l'utilitzin amb qualsevol propòsit [33]

DB Browser es farà servir per poder accedir ràpidament a les dades emmagatzemades a la Base de Dades emprada.

	FECHA	HORA	NODO	HUM1	HUM2	TMP	H	T
1	2019/12/03	17:58:24	2	672.0	693.0	85.0	52.0	20.4
2	2019/12/03	17:58:29	2	803.0	830.0	85.0	51.0	20.4
3	2019/12/03	17:58:34	2	858.0	882.0	18.88	52.0	20.3
4	2019/12/03	17:58:39	2	621.0	646.0	18.38	51.0	20.4
5	2019/12/03	17:58:45	2	617.0	643.0	18.25	51.0	20.3
6	2019/12/03	17:58:50	2	589.0	612.0	18.19	51.0	20.2
7	2019/12/03	17:58:55	2	520.0	545.0	18.13	50.0	20.3
8	2019/12/03	17:59:00	2	561.0	585.0	18.06	50.0	20.3
9	2019/12/03	17:59:05	2	506.0	529.0	18.06	50.0	20.2
10	2019/12/03	17:59:10	2	491.0	517.0	18.06	50.0	20.2
11	2019/12/03	17:59:16	2	532.0	557.0	18.0	50.0	20.1
12	2019/12/03	17:59:21	2	463.0	486.0	18.0	50.0	20.2
13	2019/12/03	17:59:26	2	498.0	522.0	18.0	50.0	20.2

*Il·lustració 41 - BD Browser SQLite*

## 4.2. Programació dels sistemes

### 4.2.1. Programació de la placa Arduino

En aquest apartat es detallarà la programació que s'ha compilat a l'Arduino.

#### 4.2.1.1. Sensor Humitat Ambiental DHT11

Primer de tot s'afegeix la llibreria “DHT11 by Adafruit”, aquesta llibreria proporciona tot el necessari per tal de que el microcontrolador interpreti el sensor. Amb això ja està preparat l'entorn d'Arduino per configurar el sensor DHT11.



*Il·lustració 42 - Llibreria DHT11*

Tot seguit s'importa la llibreria DHT.h i després s'afegix dos constants, una pel pin on estarà connectat el sensor a la placa (pin digital) i un altre per declarar el tipus de sensor que és.

```
#include <DHT.h>
// Definim el pin digital on es troba el sensor DHT
#define DHTPIN 2
// Definim el tipus de sensor
#define DHTTYPE DHT11
// Inicialitzem el sensor DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

A la funció setup() s'inicialitza la comunicació amb el port sèrie a 9600 baudis i el sensor.

```

// Inicialitzem comunicació sèrie
Serial.begin(9600);
// Activem el sensor DHT11
dht.begin();

```

A la funció loop es declara quin tipus de lectura i amb quin període es vol que es repeteixi. Per tant es fa la lectura de la humitat ambiental i de la temperatura en graus Celsius:

```

// Llegim la humitat relativa
float h = dht.readHumidity();
// Llegim la temperatura en graus
float t = dht.readTemperature();

```

Finalment queda representar per pantalla les dades, com es vol enviar pel port sèrie en una cadena de caràcters, es transforma les dades obtingudes en float a String:

```

String h11 = String(h);
String t11 = String(t);
Serial.println(("+Node+",'+sh2+', '+sh+', '+tp+', '+h11+', '+t11+'));

```

#### 4.2.1.2. Sensor d'Humitat de Sòl SN0114

En aquest cas no és necessari importar cap llibreria, amb les que incorpora Arduino ja en hi ha prou.

Però sí que s'inicialitzarà dos variables ja que hi ha dos sensors d'humitat de sòl

Directament es declaren, a l'apartat loop, una variable flotant pel sensor 1 que escoltara l'entrada analògica A0 i un altre pel sensor 2 que escoltarà l'entrada A1.

```

//SENSOR SOL 1
float humidity = analogRead(A0);
//SENSOR SOL 2
float humidity2 = analogRead(A1);
/* El sensor de sol pot donar valors de 0 a 1000
 * Si es troba entre 0 i 300 el sensor es troba en sol sec
 * Si es troba entre 301 ai 700 el sensor es troba en sol humit
 * Si es troba per sobre de 701 el sensor es troba en aigua.

```

Finalment queda representar per pantalla les dades, com es volen enviar pel port sèrie en una cadena de caràcters, es transforma les dades obtingudes en float a String:

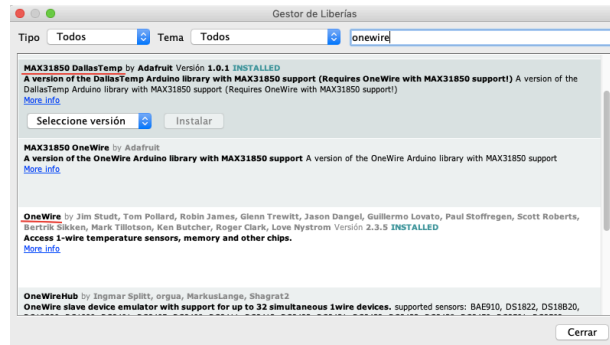
```

String sh = String(humidity);
String sh2 = String(humidity2);
Serial.println(("+Node+",'+sh2+', '+sh+', '+tp+', '+h11+', '+t11+'));

```

### 4.2.1.3. Sensor de temperatura de terra DS18B20

Per implementar aquest sensor de temperatura de sol es necessari de dos llibrerieries, OneWire i DallasTemperature. Per afegir-les s'ha fet amb el sensor DHT11, es busquen aquestes llibrerieries al cercador del IDE Arduino.



*Il·lustració 43 - Llibrerieries DS18B20*

Un cop instal·lades les llibrerieries necessàries, es declaren al codi i inicialitzen l'escolta a l'entrada digital 3 i s'inicia un objecte tipus DallasTemperature.

```
#include <OneWire.h>  
#include <DallasTemperature.h>  
OneWire ourWire(3); //Iniciem escolta al port digital 3 pel sensor de temperatura de sol.
```

```
DallasTemperature sentempdi(&ourWire); //Es declara una variable pel sensor de  
Temperatura de sol
```

A la funció setup() s'inicialitza la variable que s'han declarat pel sensor.

```
//Activem el sensor DS18B20  
sentempdi.begin();
```

A la funció loop fem les lectures de la temperatura del sol, es declara una variable tipus float per emmagatzemar-la i finalment es converteix en String per posteriorment afegir-la a la cadena que serà enviada pel port serial.

```
sentempdi.requestTemperatures(); //S'envia la comanda per llegir la temperatura del  
sol  
float temp= sentempdi.getTempCByIndex(0); //S'obté la temperatura en °C  
  
String tp = String(temp);  
Serial.println(("'+Node+'','"+sh2+'','"+sh+'','"+tp+'','"+h11+'','"+t11+''));
```



#### 4.2.1.4. Codi complet i consideracions.

Com s'ha pogut veure en els apartats anteriors, en poques línies s'ha implementat les lectures dels sensors.

A més s'ha declarat una cadena de valors que seran enviats pel port sèrie a través del mòdul XBEE al servidor.

Cal destacar que cada node que enviï dades al servidor es declara a una variable on s'indica el número de node que te assignat, en el cas pràctic, el node es el NODE 1. D'aquesta manera, el servidor es capaç de discriminar de quin node es tracta.

```
//Declarem el nom del Node  
String Node = "1";
```

Per fer les proves de lectura s'ha posat un delay de 5 segons, però en el cas real es pot posar un delay d'una hora per lectura ja que els valors de lectura poden ser molt semblants.

```
//Esperem 5 segons entre mesures.  
delay(5000);
```

La sentència que s'envia és ja maquetada de tal manera que quan arribi al destí està preparada per ser afegida a la base de dades com a registre.

```
//ENVIAMENT ARRAY  
Serial.println(("'+Node+'+'+sh2+'+'+sh+'+'+tp+'+'+h11+'+'+t11+''));
```

A continuació es pot veure tot el codi compilat al microcontrolador Arduino.

```
// Incluïmos libreria
#include <DHT.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

//Sensor Temperatura SOL
OneWire ourWire(3); //Iniciem escolta al port digital 3 pel sensor de temperatura de sol.

DallasTemperature sentempdi(&ourWire); //Es declara una variable pel sensor de Temperatura de sol

//Sensor humitat ambient
// Definim el pin digital on es troba el sensor DHT
#define DHTPIN 2
// Definim el tipus de sensor
#define DHTTYPE DHT11
// Inicialitzem el sensor DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  // Inicialitzem comunicació sèrie
  Serial.begin(9600);

  // Activem el sensor DHT11
  dht.begin();
  //Activem el sensor DS18B20
  sentempdi.begin();
}

void loop() {

  //Esperem 5 segons entre midas.
  delay(5000);

  //Declarem el nom del Node
  String Node = "1";

  //SENSOR HUMITATA AMBIENT
  // Llegim la humitat relativa
  float h = dht.readHumidity();
  // Llegim la temperatura en graus
  float t = dht.readTemperature();

  //SENSOR SOL 1
  float humidity = analogRead(A0);
  //SENSOR SOL 2
  float humidity2 = analogRead(A1);
  /* El sensor de sol pot donar valors de 0 a 1000
   * Si es troba entre 0 i 300 el sensor es troba en sol sec
   * Si es troba entre 301 ai 700 el sensor es troba en sol humit
   * Si es troba per sobre de 701 el sensor es troba en aigua.
   */

  //SENSOR TEMPERATURA SOL
  sentempdi.requestTemperatures(); //S'envia la comanda per llegir la temperatura del sol
  float temp= sentempdi.getTempCByIndex(0); //S'obté la temperatura en °C

  //PREPARACIÓ ARRAY A ENVIAR.
  //Convertim les variables obtingudes a String per posteriorment ser envades pel port Sèrie.
  String sh = String(humidity);
  String sh2 = String(humidity2);
  String tp = String(temp);
  String h11 = String(h);
  String t11 = String(t);

  //ENVIAMENT ARRAY
  Serial.println('C'+Node+', '+sh2+', '+sh+', '+tp+', '+h11+', '+t11+');
}
```

*Il·lustració 44 - Codi programació Arduino*

No s'ha tingut en compte cap control de errades en les lectures, es pot contemplar com una opció de millora.

#### 4.2.2. Programació dels mòduls XBee

Per poder comunicar els mòduls XBee, s'ha de fer unes configuracions prèvies mitjançant el software XTU de Digi.

#### 4.2.2.1. Arquitectura d'una xarxa Xbee

Una xarxa ZigBee està formada principalment per un dispositiu Coordinador i dispositius Router.

Modul Coordinador:

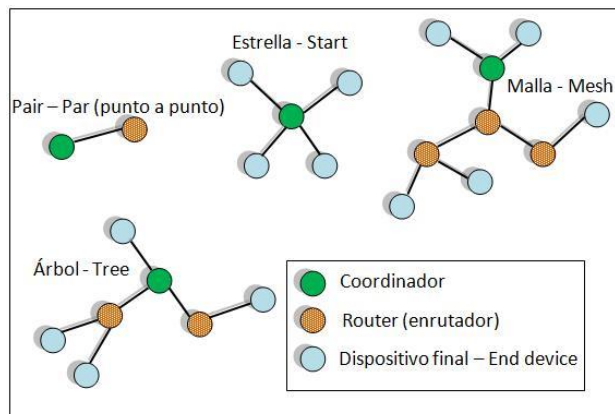
Aquest mòdul de la xarxa es l'encarregat d'establir el canal de comunicació i el PAN ID (identificador de Xarxa) per tota la xarxa. Un cop formada la xarxa, aquest funciona com origen i/o destí de la informació que es transmet a través de la xarxa.

Modul Router:

Es un mòdul que crea i manté informació sobre la xarxa per identificar la millor ruta d'accés.

La versatilitat dels mòduls XBee faciliten la creació de diferents topologies de xarxa segons la distribució de Xbee que s'escullin.

- Punt a punt
- Estrella
- Mesh
- Arbre



*Il·lustració 45 - Distribució de Xarxa XBee*

Aquest projecte estarà pensat per una estructura de xarxa en estrella o mesh, ja que el concepte és que multitud de sensors enviïn dades al servidor central, però en el prototip es centra en una comunicació punt a punt.

#### 4.2.2.2. Elecció del model XBee

Per l'elecció del model de distribució dels elements XBEE s'ha hagut de tenir en compte el consum, la distància entre antenes i la topologia de xarxa

- Consum: Com que es vol un sistema que pugui ser autònom i aïllat amb un bateria externa, s'ha escollit una antena, en aquest XBee que compleix a un consum baix d'energia.
- Distància: com s'ha vist en l'apartat 3, els mòduls XBee tenen la capacitat de comunicar-se a distàncies de fins a 1200 metres, tot i que per cobrir gran extensions de terreny s'hauria de fer servir una xarxa Mesh, però en aquest projecte amb cobrir una superfície de 90 metres vista hi ha suficient, ja que es els casos pràctics seran les distàncies màximes.
- Topologia de xarxa: Com ja s'ha comentat en el punt anterior, el sistema tindrà una distribució punt a punt.

Amb aquestes consideracions, la configuració dels mòduls XBee seran:

- Coordinador (servidor): Aquesta antena serà l'encarregada de rebre les dades del node Arduino.
- Router (NodeN, sent N el número del node): Es el mòdul XBee encarregat de enviar les dades dels sensors del node en qüestió al mòdul Coordinador.

#### 4.2.2.3. Configuració dels Mòduls

Amb les consideracions prèvies en els punts anteriors, es configuren els mòduls amb la utilitat XCTU.

Per configurar els mòduls primerament es connecten el mòdul XBee al USB-Xbee i aquest per usb al servidor on hi ha instal·lat el XCTU.



*Il·lustració 46 - Mòdul XBee USB*

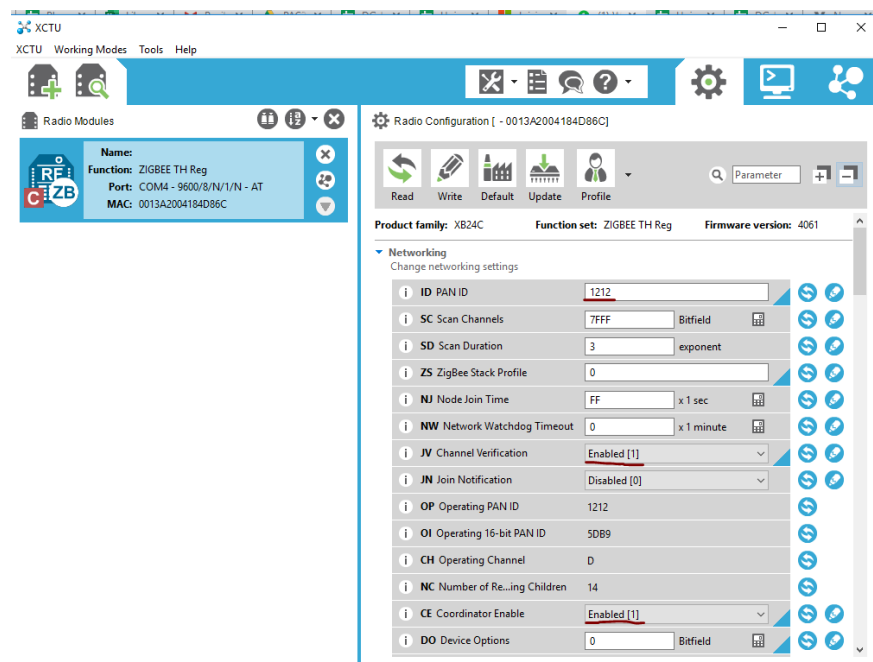
Aquesta és la configuració necessària per comunicar el mòdul router amb el coordinador en mode AT, descrit en apartats anteriors.

- Coordinador (mòdul del servidor)

Primer de tot s'ha de configurar el PAN ID, que ens identificarà la nostra xarxa, tots els mòduls que vulguin comunicar-se en aquesta xarxa han de tenir aquest PAN ID.

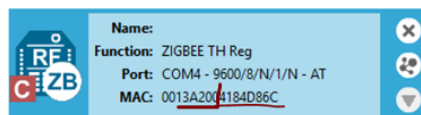
En segon lloc marcarem l'opció de "Chanel Verification" com activa, això farà que tots els mòduls estiguin en el mateix canal de comunicació.

Finalment es marca com que aquest mòdul tindrà la funció de coordinador.



*Il·lustració 47 - Config XBee Coordinador*

Abans de continuar amb el mòdul del node, apuntem la seva identificació física a la xarxa, la necessitarem per configurar el router.



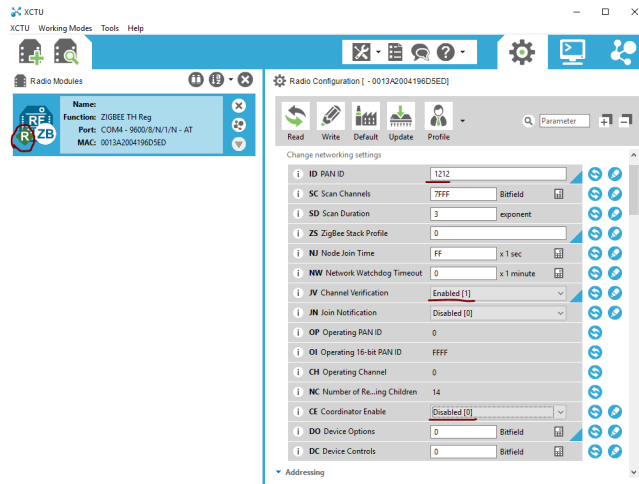
*Il·lustració 48 - Mac Coordinador*

- Router (mòdul del Node)

Tornem a configurar el PAN ID, que ens identificarà la nostra xarxa, com s'ha vist amb el coordinador, el PAN ID és el 1212

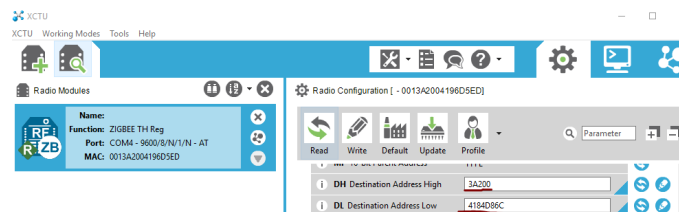
En segon lloc marcarem l'opció de "Chanel Verification" com en l'apartat anterior.

Finalment marcarem com que aquest mòdul no tindrà la funció de coordinador, com veurem el mòdul es marcarà amb un "R" com a mòdul router.



Il·lustració 49 - Config. Router XBee

Finalment marquem com a únic destinatari al Coordinador amb el seu identificador únic que s'ha marcat abans:



Il·lustració 50 - XBee Router Config Macs

Amb aquestes configuracions ja hi ha suficient per fer tal de que els mòduls s'escollin i comparteixin trames.

#### 4.2.3. Programació codi Python

Aquesta programació Python esta allotjada al servidor, on rebrem i emmagatzemarem les dades enviades pel node.

S'ha intentat fer un codi optimitzat, reduint la quantitat de codi, centrant-nos en reduir les línies de programació .

En aquesta implementació de codi no s'ha tingut en compte control d'errors, tot i que aquest codi només s'executa si rep una trama d'algun node, els quals ja estan parametrizats per que enviïn una sentència en concret.

A continuació expliquem l'estructura del codi fet servir.

#### 4.2.3.1. Importar les llibreries

En primera instancia cridem totes les llibreries que farem servir en aquest codi.

```
import serial #Importem la llibreria del port serial
import time #importem llibreries per captar el temps.
import sqlite3 #importem llibreries per poder treballar amb sqlite.
```

#### 4.2.3.2. Declarar les connexions

Aquest apartat del codi, declarem les connexions a la base de dades, demanem l'hora actual i inicialitzem l'escolta pel port serial on hi ha connectat el mòdul XBEE.

```
named_tuple = time.localtime() # Rebre la data actual.
con = sqlite3.connect('datosseiores.db') #fem la connexió amb la base de
dades.
cursor = con.cursor()# inicialitzem la connexió de la BD.

arduino = serial.Serial('COM4', 9600) #fem la connexió amb el port serial
COM4,
# Configurarem la tasa de unitats de senyal per segón a 9600 baudis
arduino.flushInput()
print ('Conectando puerto serial') #mostrem un missatge de inici de escolta
de trames
```

#### 4.2.3.3. Recepció, tractament i emmagatzemar les dades.

Aquest últim apartat està destinat a tractar el format de la data que volem, i afegir-la a una cadena que posteriorment serà adjuntada a la sentència del registre que posteriorment afegirem a la base de dades.

Rebem el registre de les lectures del sensor, i a continuació ajuntem, l'hora i data anterior amb el registre obtingut.

Tot seguit executem la funció INSERT que inserirà el registre del node a la nostra base de dades.

Finalment mostrem per pantalla la data, hora i el registre que acabem de guardar a la base de dades.

```
#iniciem la condició d'escolta.
while True:
    fecha = time.strftime("%Y/%m/%d") # declarem la funcio de la data
```

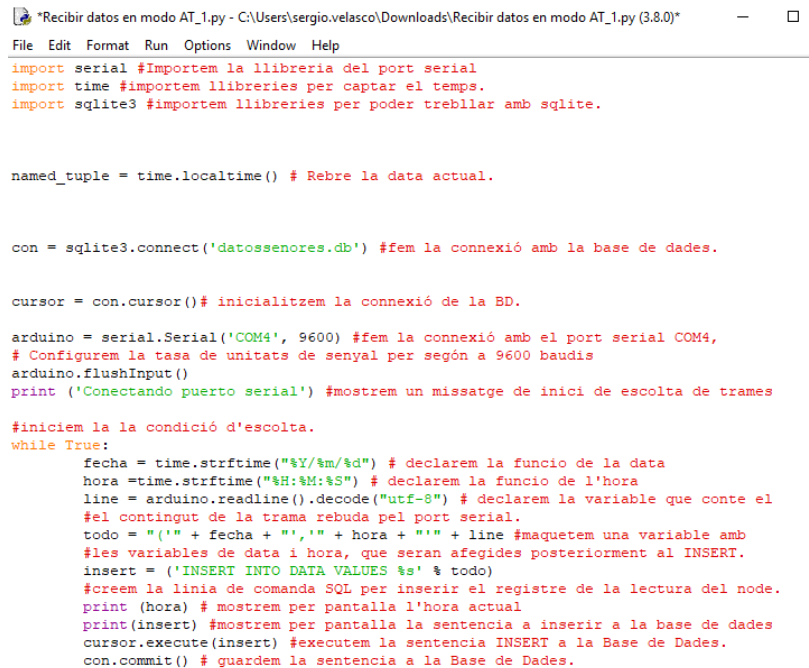
```

hora =time.strftime("%H:%M:%S") # declarem la funcio de l'hora
line = arduino.readline().decode("utf-8") # declarem la variable que
conte el
#el contingut de la trama rebuda pel port serial.
todo = "(" + fecha + "," + hora + "" + line #maquetem una variable
amb
#les variables de data i hora, que seran afegides posteriorment al
INSERT.
insert = ('INSERT INTO DATA VALUES %s' % todo)
#creem la linia de comanda SQL per inserir el registre de la lectura
del node.
print (hora) # mostrem per pantalla l'hora actual
print(insert) #mostrem per pantalla la sentencia a inserir a la base de
dades
cursor.execute(insert) #executem la sentencia INSERT a la Base de
Dades.
con.commit() # guardem la sentencia a la Base de Dades.

```

#### 4.2.3.4. Codi final

Finalment es pot veure el codi al complet del programa en Python



```

*Recibir datos en modo AT_1.py - C:\Users\sergio.velasco\Downloads\Recibir datos en modo AT_1.py (3.8.0)*
File Edit Format Run Options Window Help
import serial #Importem la llibreria del port serial
import time #importem llibreries per captar el temps.
import sqlite3 #importem llibreries per poder treballar amb sqlite.

named_tuple = time.localtime() # Rebre la data actual.

con = sqlite3.connect('datososenores.db') #fem la connexió amb la base de dades.

cursor = con.cursor()# inicialitzem la connexió de la BD.

arduino = serial.Serial('COM4', 9600) #fem la connexió amb el port serial COM4,
# Configurem la tasa de unitats de senyal per según a 9600 baudis
arduino.flushInput()
print ('Conectando puerto serial') #mostrem un missatge de inici de escolta de trames

#iniciem la la condició d'escolta.
while True:
    fecha = time.strftime("%Y/%m/%d") # declarem la funcio de la data
    hora =time.strftime("%H:%M:%S") # declarem la funcio de l'hora
    line = arduino.readline().decode("utf-8") # declarem la variable que conte el
    #el contingut de la trama rebuda pel port serial.
    todo = "(" + fecha + "," + hora + "" + line #maquetem una variable amb
    #les variables de data i hora, que seran afegides posteriorment al INSERT.
    insert = ('INSERT INTO DATA VALUES %s' % todo)
    #creem la linia de comanda SQL per inserir el registre de la lectura del node.
    print (hora) # mostrem per pantalla l'hora actual
    print(insert) #mostrem per pantalla la sentencia a inserir a la base de dades
    cursor.execute(insert) #executem la sentencia INSERT a la Base de Dades.
    con.commit() # guardem la sentencia a la Base de Dades.

```

*Il·lustració 51 - Codi Python*



### 4.3. Implementació i tractament de les dades

Com s'ha comentat en apartats anteriors, els registres de les lectures dels sensors són rebuts pel servidor amb un programa basat en Python i enmagatzemat en una base de dades basada en SQLite.

Per la creació i visualització de les dades s'ha fet servir un gestor de base de dades SQLite, "DB Browser for SQLite"

#### 4.3.1. Creació de la Base de dades.

En la decisió de l'estructura de la base de dades, s'ha plantejat inicialment l'ús d'una única taula que contingui els registres de les mesures, el node del que rep la mesura i data/hora de la lectura.

La base de dades rep el nom de "datossensores.db"

La creació de la taula s'ha fet amb aquesta sentència:

```
CREATE TABLE "DATA" (  
    "FECHA"    TEXT,  
    "HORA"     TEXT,  
    "NODO"     BLOB,  
    "humedad_suelo1"  BLOB,  
    "humedad_suelo2"  BLOB,  
    "temperatura_suelo" BLOB,  
    "humedad_ambiente" TEXT,  
    "temperatura_ambiente"  BLOB  
)
```

Podem observar que aquesta taula disposa de 8 columnes de registre, les mateixes que compila el codi de Python al rebre la sentència d'Arduino més data i hora.

#### 4.3.2. Comanda inserció registre.

A continuació es mostra la sentència que genera Arduino en llenguatge C a l'hora de enviar els registres.

```
Serial.println('(' + Node + ',' + sh2 + ',' + sh + ',' + tp + ',' + h11 + ',' + t11 + ');
```

Aquest codi es rebut per Python i inserit a una variable anomenada "line", finalment, juntament amb les dades de la data i la hora, són adjuntades a una variable anomenada "todo", que serà el contingut de la sentència INSERT del SQL.

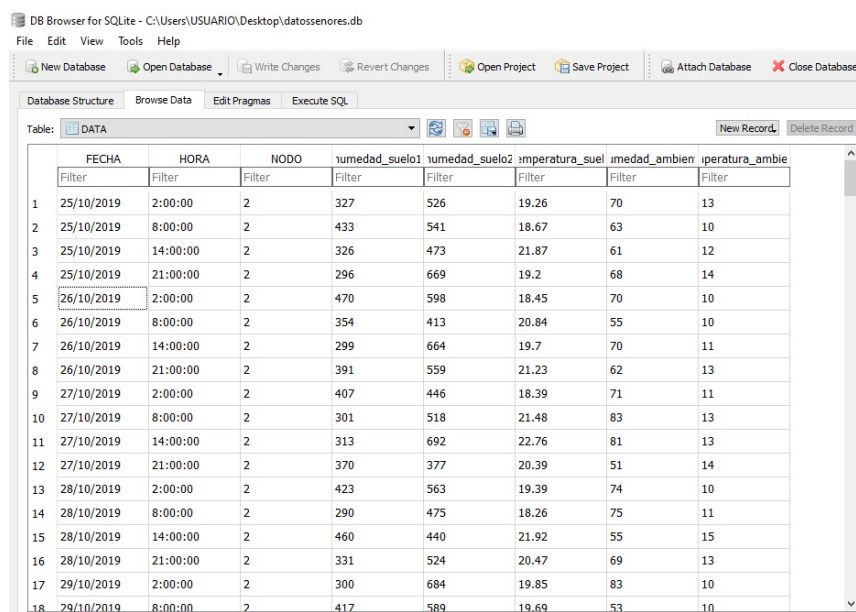
todo = "(" + fecha + "," + hora + "" + line #maquetem una variable amb

Finalment, es mostra la sentència SQL:

```
insert = ('INSERT INTO DATA VALUES %s' % todo)
```

#### 4.3.3. Visualització de registres a la base de dades.

Com es pot apreciar, aquests són els registres que ha anat emmagatzemant la base de dades.



	FECHA	HORA	NODO	humedad_suelo1	humedad_suelo2	temperatura_suel	humedad_ambien	temperatura_ambie
1	25/10/2019	2:00:00	2	327	526	19.26	70	13
2	25/10/2019	8:00:00	2	433	541	18.67	63	10
3	25/10/2019	14:00:00	2	326	473	21.87	61	12
4	25/10/2019	21:00:00	2	296	669	19.2	68	14
5	26/10/2019	2:00:00	2	470	598	18.45	70	10
6	26/10/2019	8:00:00	2	354	413	20.84	55	10
7	26/10/2019	14:00:00	2	299	664	19.7	70	11
8	26/10/2019	21:00:00	2	391	559	21.23	62	13
9	27/10/2019	2:00:00	2	407	446	18.39	71	11
10	27/10/2019	8:00:00	2	301	518	21.48	83	13
11	27/10/2019	14:00:00	2	313	692	22.76	81	13
12	27/10/2019	21:00:00	2	370	377	20.39	51	14
13	28/10/2019	2:00:00	2	423	563	19.39	74	10
14	28/10/2019	8:00:00	2	290	475	18.26	75	11
15	28/10/2019	14:00:00	2	460	440	21.92	55	15
16	28/10/2019	21:00:00	2	331	524	20.47	69	13
17	29/10/2019	2:00:00	2	300	684	19.85	83	10
18	29/10/2019	8:00:00	2	417	589	19.69	53	10

Il·lustració 52 - Base de dades Registres

## 5. Valoració econòmica

El projecte consta de microestacions de de control, anomenats nodes, mitjançant Arduino, compost per circuits impresos que integren un microcontrolador i un entorn de desenvolupament (IDE) on es programa la placa, i a on aniran connectats els diferents sensors, aquest Arduino envia les dades a un servidor central el qual emmagatzemarà les dades.

A continuació, es llista els elements necessaris per portar-ho a la practica.

En aquesta primera taula es mostra el valor econòmic del que costaria muntar un sistema d'un únic sistema de sensors connectat a un servidor més les seves hores de dedicació.

Material	Unitats	Preu unitari	Preu total
RASPBERRY PI 3 MODEL B+	1	46,00 €	46,00 €
Caixa Modular Estanca Legrand 601996E	1	15,95 €	15,95 €
Bateria Poweradd solar de 1200mAh	1	18,00 €	18,00 €
Cables elèctrics	1	7,00 €	7,00 €
Placa Protoboard	1	1,00 €	1,00 €
ELEGOO UNO R3	1	10,00 €	10,00 €
Arduino Shild SD – Xbee	1	11,00 €	11,00 €
Modul Xbee S2C	2	7,00 €	14,00 €
XBee Explorer USB	1	23,00 €	23,00 €
Sensor d'Humitat de Sol SN0114	2	2,00 €	4,00 €
Sensor humitat ambient DHT11	1	0,70 €	0,70 €
Sensor digital de temperatura sol DS18B20	1	3,00 €	3,00 €
Resistències	2	0,30 €	0,60 €
Ma d'obra	300	9,00 €	2.700,00 €
	TOTAL		2.854,25 €

*Taula 5 - Valoració economica Global*

En la següent taula es pot observar el que costaria replicar el sistema de sensors per tenir un altre node al terreny, de tal manera que podríem obtenir una xarxa de node de sensors replicant el cost d'aquesta segona taula:

Material	Unitats	Preu unitari	Preu total
Caixa Modular Estanca Legrand 601996E	1	15,95 €	15,95 €
Bateria Poweradd solar de 1200mAh	1	18,00 €	18,00 €
Cables elèctrics	1	7,00 €	7,00 €
Placa Protoboard	1	1,00 €	1,00 €
ELEGOO UNO R3	1	10,00 €	10,00 €
Arduino Shild SD – Xbee	1	11,00 €	11,00 €
Modul Xbee S2C	1	7,00 €	7,00 €
Sensor d'Humitat de Sol SN0114	2	2,00 €	4,00 €
Sensor humitat ambient DHT11	1	0,70 €	0,70 €
Sensor digital de temperatura sol DS18B20	1	3,00 €	3,00 €
Resistències	2	0,30 €	0,60 €
	TOTAL		78,25 €

*Taula 6 - Valoració economica NODE*

De tal manera que el cost de la primera implantació seria el més costos ja que conté tot el material, com és el cas del servidor basat en Raspberry i la quantitat d'hores de dedicació en la implementació dels sistemes i les comunicacions entre el microcontrolador i els sensors i aquest al seu temps amb el Servidor. Però un cop implementat el sistema, el cost es redueix al temps de implementació d'un nou microcontrolador amb els seus sensors i el material necessaris.

Cal destacar que s'han escollit una sèrie de sensors, però on principalment es fa incís és en el sistema de muntatge dels sensors al node final, el seu enviament de les dades i tractament d'aquestes. Per tant seria com a opció de millora ampliar els tipus de sensors emprats i augmentar l'espai a la caixa estanca així com reduir el cost de la bateria solar.

En comparació amb la solució proposada per Libellium a l'apartat 2.3.3.3, es pot comprovar com la solució que s'ofereix en aquest projecte, amb el sistema proposat, és molt inferior en costos en vers a la solució professional. Tot i que la solució de Libellium fa servir sensors diferents que el prototip no contempla, s'ha volgut centrar en sistema de enviament del senyal i autonomia energètica, per tant es podria implementar solucions que cobrissin les proposades, també reduint els costos.

List of items included in the Smart Agriculture Xtreme Basic IoT Vertical Kit:

Item	Ref.	Quantity
Plug & Sense! Smart Agriculture Xtreme 868/900 <i>(EU (868), US, BR or AU (900) versions are provided, depending on kit)</i>	SAXB-868/900	1
Weather station GMX-240 (W-PO) probe	9463-P	1
Vapor pressure, humidity, temperature and pressure in soil and air probe	9471-P	1
Conductivity, water content and soil temperature STE probe	9402-P	1
Leaf wetness Phytos 31 probe	9466-P	1
Solar radiation (PAR) probe for Smart Agriculture Xtreme	9251-PX	1
External solar panel (power accessory for Plug & Sense!)	PAPS-ESP	1
Outdoors USB cable	256369	1
International adapter	10280	2
Meshlium 4G 868/900 AP <i>(EU, US, BR or AU versions are provided, depending on kit)</i> <i>(US version features a GPS receiver)</i>	M4G-868/900	1
Technical consultancy 2 hrs	TC-2	1
P&S! Programming Service (kit of Marketplace)	PROG-Mktplace	1
Meshlium visualization interface	MVIS	1

Includes Meshlium Sensor Visualizer interface - 100 times free access limit. After 100 log-ins a license fee can be acquired to keep on using it.  
We do not provide these codes, the nodes are already programmed in Libellium. Do not overwrite the code.



*Il·lustració 53 Pressupost d'una solució bàsica de Libellium - Pressupost rebut del departament comercial de Libellium, no publicat a la seva web*

En tot cas, si s'observa en el pressupost professional de 5600€, i el node del projecte a un cost de 78,25€, hi ha una diferencia, comparant un sol node, de 5521,75 €, en aquest cas hi ha molt marge per millorar el prototip i fer-lo molt més complet a nivell de sensors i comunicacions.

## 6. Casos pràctics

### 6.1. Cas pràctic 1. Lectures a una jardinera

En aquest cas s'ha fet servir una jardinera situada a una terrassa d'una vivenda, orientada a cara oest, durant un període de quatre hores, de 14:00 - 18:00.

S'ha plantat els tres sensors terrestres sota terra, un d'humitat a 5 centímetres de la superfície, el segon es troba enterrat a 15 cm de la superfície. El sensor de temperatura es troba a 10 centímetres de la superfície.

Durant tot aquest període la bateria ha estat carregant sense fils amb al placa solar



*Il·lustració 54 - Cas pràctic - Jardinera*

Durant aquest temps s'ha fet una sèrie de proves.

#### 6.1.1. Distància entre emissor i receptor amb obstacles.

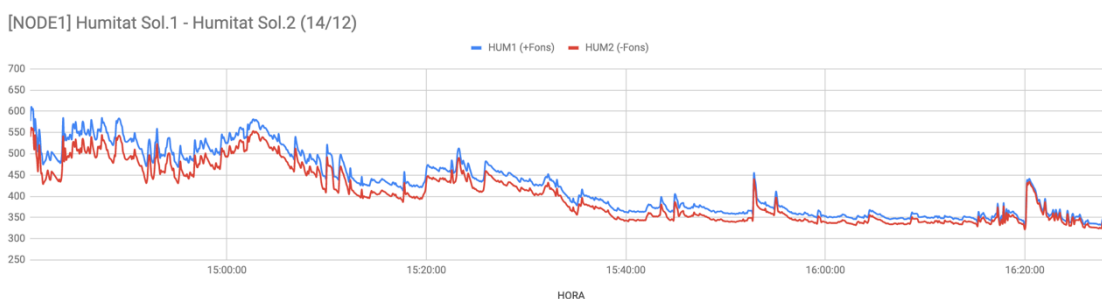
Un cop feta la instal·lació del Node, s'ha desplaçat el servidor, el qual anava rebent registres del node, a través de tota la vivenda, tancant portes i finestres, fins arribar al final de l'habitable (15 m), on separava el sensor amb una porta de vidre i una porta de fusta, tot i així, rebia (amb retards) registres del node. La quantificació dels retards s'ha fet sense controlar els paquets perduts, tant sols una aproximació en la qual no rebia totes les lectures cada 5 segons com estava programat, si no que les rebia cada dos lectures rebia una.

### 6.1.2. Anàlisi de les dades rebudes.

Durant aquest període s'ha anat recopilant les dades, exportat els resultats de la base de dades i tractat en un full de càlcul, d'aquí s'ha extret les següents gràfiques.

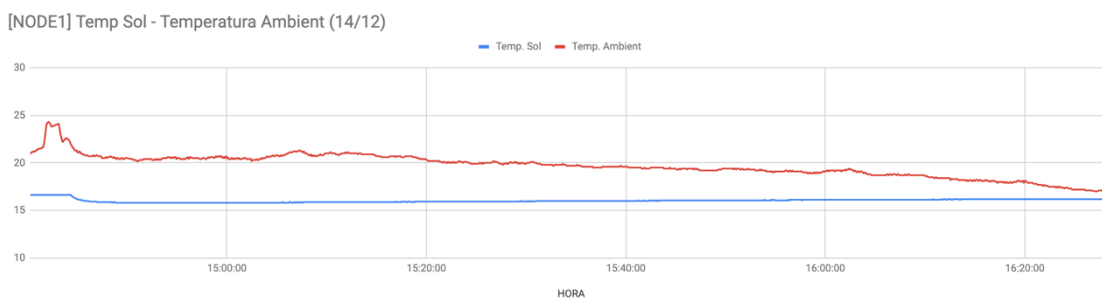
En el primer gràfic es compara els dos sensors d'humitat terrestre, en el primer (blau) és el que es troba a major profunditat del terreny, en segon registre (vermell) fa referència al segon sensor a menys profunditat, com es pot comprovar registra menor humitat que el primer, això ja és així ja que a major profunditat major es la humitat retinguda.

També s'arriba a la conclusió que conforme passen les hores, d'un punt màxim de calor va baixant la humitat conforme avança la tarda.



*Il·lustració 55 - Gràfica Humitat Sol*

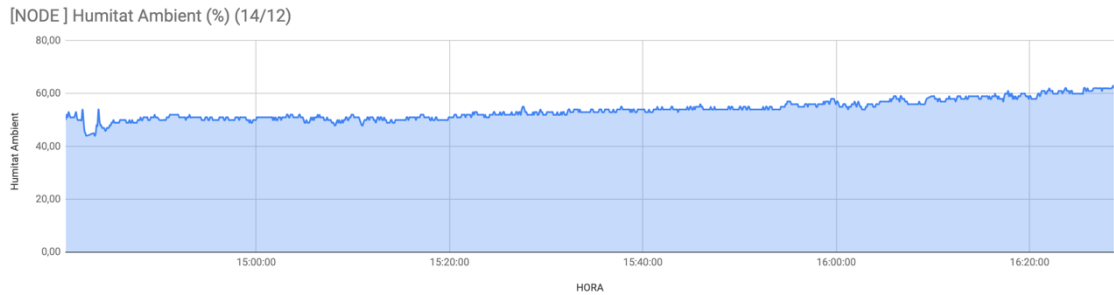
En la següent gràfica s'ha comparat els dos sensors de temperatura. En primer lloc el sensor de temperatura de sol (blau) i en segon lloc el sensor de temperatura ambiental. Com es pot comprovar hi ha una gran diferència entre les mesures sota terra i la superfície. També es pot apreciar que conforme avança la tarda, la temperatura ambiental tendeix a baixar, mentre que la temperatura de sol augmenta molt lleugerament.



*Il·lustració 56 - Gràfica Temperatura*

Finalment es disposa d'un últim gràfic, referent al percentatge d'humitat a l'ambient, com es pot comprovar oscil·la entre un 40% i un 60% d'humitat, conforme avança la tarda, la humitat va en augmenta.





*Il·lustració 57 - Gràfica Humitat Ambient*

Com a conclusió es pot apreciar que a mida que avança la tarda, la temperatura a l'hivern disminueix i la humitat ambiental augmenta, mentrestant que la humitat del sol disminueix.

## 6.2. Cas pràctic 2. Hort urbà

### 6.2.1. Distància a l'hort.

En aquest cas pràctic es centra en posar a prova la distància vista del sensor a un hort urbà. Aquest hort disposa d'una superfície de  $500\text{ m}^2$ .

En primer lloc s'ha plantat el node en un hort, tot seguit amb el servidor en mà s'ha començat a enregistrar les dades i s'ha començat a distanciar del node.

La distància màxima obtinguda en la recepció de dades ha sigut de 90 metres de separació respecte el node (S'ha hagut de desplaçar a la parcel·la veïna).



*Il·lustració 58 – Cas pràctic hort urbà*

Com s'ha pogut observar en distàncies majors seria necessari fer servir xarxes mesh en la qual els sensors es complementin i facin d'enrutadors fins arribar al servidor.



### 6.2.2. Lectura de dades durant una setmana

Per fer aquest cas pràctic s'ha deixat el node plantat a l'hort durant una setmana, de diumenge 15/12 al 22/12, per tal de posar a prova tant la resistència al medi com la capacitat d'autonomia i la comparació amb les dades meteorològiques captades per meteo.cat. El servidor es troba en un cobert a una distancia de 50 metres del node. Aquest hort es troba a Cunit, al Baix Penedès, les dades son relatives a aquesta regió.

Per fer les mesures s'ha adaptat el codi del IDE Arduino per tal de que faci lectures dels sensors cada 6 hores, iniciant l'experiment a les 8:00 del 15/12, per tant les hores de lectures diàries son 4: 02:00, 8:00, 14:00, 20:00.

A continuació es fa un breu resum de les condicions atmosfèriques captades per la plataforma meteo.cat a la regió de Cunit durant aquest període.

VALORS	15/12	16/12	17/12	18/12	19/12	20/12	21/12	22/12
Temperatura mitjana	11.6 °C	11.6 °C	14.6 °C	13.3 °C	11.8 °C	14.2 °C	14.1 °C	16.4 °C
Temperatura màxima	18.2 °C	15.4 °C	17.6 °C	19.9 °C	16.8 °C	17.7 °C	19.4 °C	19.5 °C
Temperatura mínima	5.7 °C	7.3 °C	11.9 °C	9.5 °C	8.4 °C	11.8 °C	9.1 °C	12.2 °C
Humitat relativa mitjana	73%	85%	81%	79%	87%	88%	77%	47%
Precipitació acumulada	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	10.0 mm	0.9 mm	0.1 mm

*Taula 7 - Condicions admosferiques Cunit*

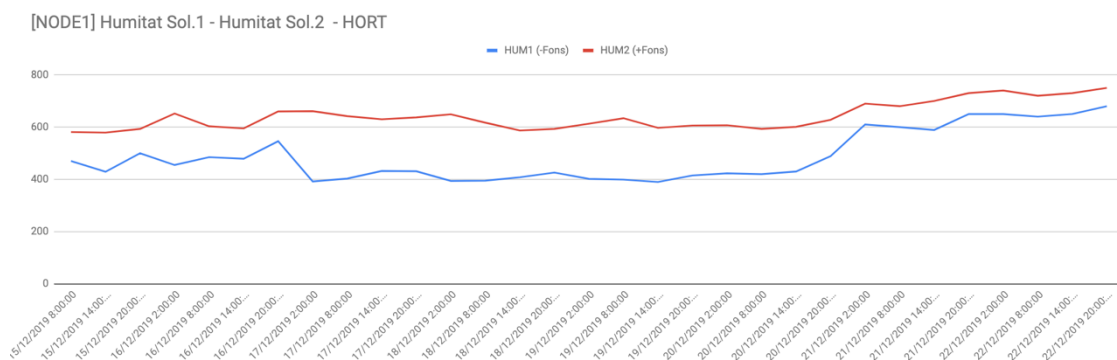
Com es pot observar durant els dies 20/12 al 22/12 es registren precipitacions.

A continuació es mostra els resultats captats pel node durant aquest període de temps. Es fa un anàlisi breu de les dades obtingudes i es comparen amb les dades oficials. No s'entra en detall dels valors obtinguts.

NODO	FECHA	HORA	HUM1 (-Fons)	HUM2 (+Fons)	Temp. Sol	Humitat Ambient	Temp. Ambient
1	15/12/2019	8:00:00	470	581	6	87	7
1	15/12/2019	14:00	429	579	7	65	16
1	15/12/2019	20:00	500	593	6	88	11
1	16/12/2019	2:00	455	652	6	94	7
1	16/12/2019	8:00	485	603	8	88	9
1	16/12/2019	14:00	479	595	9	68	15
1	16/12/2019	20:00	546	660	7	79	13
1	17/12/2019	2:00	392	661	8	85	12
1	17/12/2019	8:00	403	642	8	82	13
1	17/12/2019	14:00	432	630	10	50	16
1	17/12/2019	20:00	431	637	8	70	13
1	18/12/2019	2:00	394	649	7	83	10
1	18/12/2019	8:00	395	617	8	80	11
1	18/12/2019	14:00	408	587	11	62	20
1	18/12/2019	20:00	426	593	7	78	14
1	19/12/2019	2:00	402	613	7	97	9
1	19/12/2019	8:00	399	634	8	96	11
1	19/12/2019	14:00	390	597	11	65	16
1	19/12/2019	20:00	415	606	7	76	14
1	20/12/2019	2:00	423	607	9	92	12
1	20/12/2019	8:00	420	593	9	90	13
1	20/12/2019	14:00	430	601	10	67	17
1	20/12/2019	20:00	489	628	9	74	10
1	21/12/2019	2:00	610	690	7	81	9
1	21/12/2019	8:00	600	680	7	78	10
1	21/12/2019	14:00	589	700	10	58	19

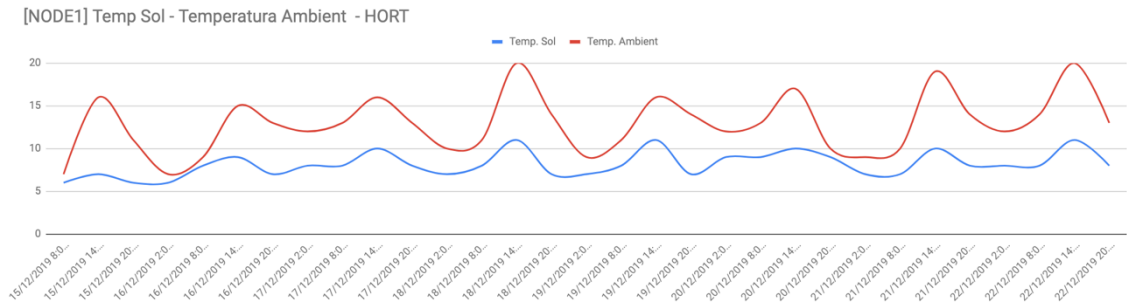
Il·lustració 59 - Registres numèrics captat pel node.

En el primer gràfic, com en el cas pràctic anterior, es mostra la diferència de humitat en el sol segons la profunditat del sensor. De color blau es pot apreciar el sensor d'humitat que es troba més a prop de la superfície, de color vermell es pot observar el sensor d'humitat a major profunditat. Es pot apreciar la diferència d'humitat segons la profunditat en el sol. Una altre dada característica que es pot apreciar es com els dies on se'n registren pluges, els índex d'humitat en sol augmenten, això determina una major concentració d'aigua al terra.



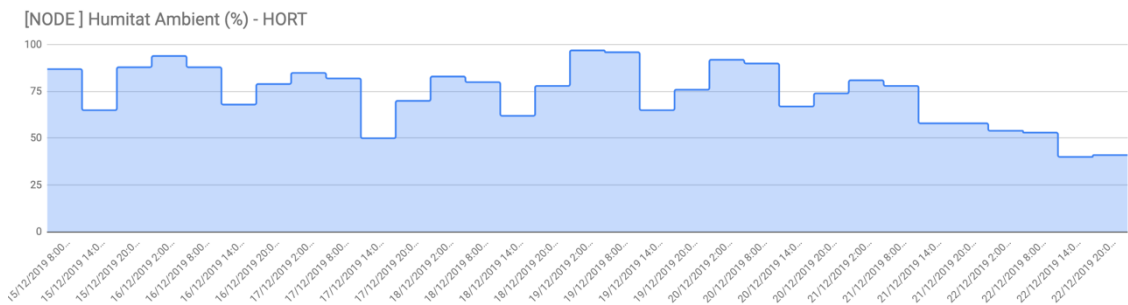
Il·lustració 60 - Gràfica humitat a hort urbà

En el següent gràfic es pot observar una comparació de temperatures entre el sensor de temperatura ambient (vermell) i el sensor de temperatura del sol (blau). Es pot observar com la temperatura al sol es manté constant en el temps, mentres que el sensor de temperatura ambient registre variacions significatives en la temperatura enregistrant pics màxim de temperatura en les hores puntes de més calor.



*Il·lustració 61 - Gràfica temperatura a hort urbà.*

Finalment, l'últim gràfic es mostra el percentatge d'humitat a l'ambient. Es pot apreciar que en els dies de pluja, la humitat ambiental es veu augmentada, i quant aquest temporal desapareix, la humitat es veu reduïda.



*Il·lustració 62 - Gràfica humitat ambient a hort urbà.*

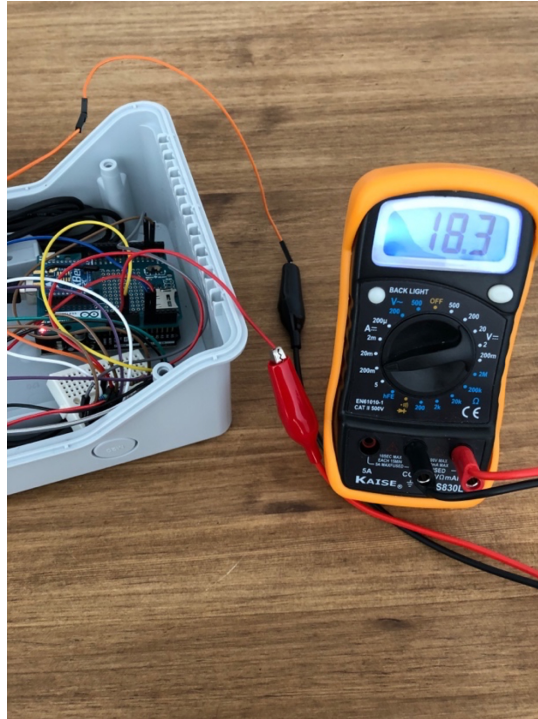
### 6.3. Cas pràctic 3. Lectures a distància entre edificis

La següent comprovació ha sigut desplaçant el servidor a un altre edifici, a una distància aproximada de 70 metres, sense visibilitat i a diferent alçada, el resultat ha sigut negatiu, no ha rebut cap dada del node.

### 6.4. Cas pràctic 4. Consum i carrega.

En aquest cas pràctic s'ha volgut fer la mesura del consum real que te el node. Per poder fer la mesura s'ha connectat el polímetre entre la placa Arduino i el pin de 5V que alimenta a la resta de sensors.

Com es pot apreciar a la figura següent, te un consum de 18,3 mA.



*Il·lustració 63 - Consum intensita node.*

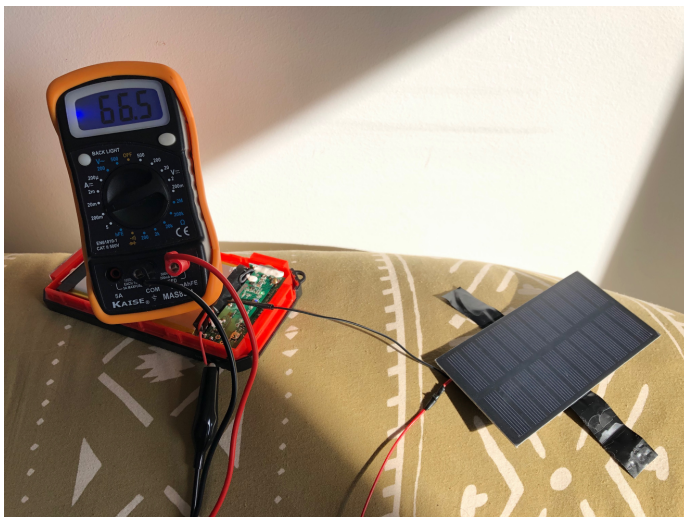
En el següent experiment es fa una prova de carrega de la placa fotovoltaica. Per aquesta prova s'ha connectat el polímetre entre el pol positiu de carrega del polímetre i el pol positiu de la bateria com es pot apreciar a la imatge. En la primera mesura, la placa fotovoltaica esta instal·lada dins de la tapa de la caixa estanca, dona una lectura de 15,5 mA, com es pot concloure, la mesura és inferior al consum real de la pròpia placa Arduino, per tant no seria suficient per alimentar de manera ininterrompuda el node.



*Il·lustració 64 - Càrrega placa fotovoltaica a caixa.*

Però com es pot apreciar a la imatge, no tota la superfície de la placa fotovoltaica està a vista dels rajos del sol, per tant s'ha desmuntat la placa de la tapa de la caixa estanca i s'ha tornat a fer la mesura.

Com es pot apreciar, quan la placa es troba a plena vista de la llum solar, aquesta atorga una intensitat de 66,5 mA, corrent més que suficient per fer una càrrega per sobre del consum.



*Il·lustració 65 - Càrrega placa fotovoltaica lliure.*

## 7. Conclusions i Línies de treball futur

### 7.1. Conclusions

En aquest projecte s'ha volgut un sistema de sensors agraris, autosuficients, que capti dades rellevants per millorar la eficiència dels recursos als camps de conreu procurant mantenir un baix cost en la implementació; tots els sensors han estat connectats a un microcontrolador, a més s'ha aprofundit en la manera en que aquestes dades poden ser enviades en un entorn sense infraestructura de comunicacions, mitjançant xarxes de comunicació radioenllaç amb consums elèctrics molt baixos i de fàcil configuració. Finalment s'ha aprofundit en com captar aquestes dades en el servidor central i emmagatzemar-les en una base de dades.

Inicialment el plantejament del projecte cobria un abast molt més extens ja que es va plantejar la possibilitat de fer una implementació d'un servidor basat en Raspberry on se'n emmagatzemaria les dades, però per falta de recursos per connectar-la per pantalla, es va decidir fer servir un portàtil a mode de servidor ja que ja disposava de display i teclat, a efectes pràctics ha sigut el mateix. Per altre banda es va plantejar una solució de representació de les dades mitjançant una aplicació, aquest objectiu es va desestimar ja que estava fora del abast com a projecte. En aquest treball s'ha volgut posar èmfasi en la captació, enviament, recepció i emmagatzematge de les dades.

El prototip es va enrederir en la seva arrancada ja que van haver dificultats per aconseguir una comunicació llegible entre Node (Arduino) i Servidor (Python), les trames rebudes pel servidor tenien codis ASCII que no eren rellevants. Un cop es va resoldre aquest contratemps es va poder avançar en la implementació del codi necessari.

Durant el desenvolupament del projecte es va voler implementar una solució de contenidor dels dispositius elèctrics en una caixa estanca. A més, es va fer una recerca en una solució d'energia independent que alimentés els components electrònics del node, això va donar lloc a l'obtenció d'una bateria externa amb placa fotovoltaica. Per aquest motiu es va enrederir la planificació de l'obtenció del material i implementació. Es va prendre aquesta decisió ja que millorava substancialment el resultat final del prototip, i donava més sentit a l'objectiu final de fer un node autònom i sostenible.

## 7.2. Línies de Treball Futur

Les línies d'actuació futures que es plantegen per millorar aquest projecte son les següents:

- Millorar el sistema de comunicació Xbee entre servidor i node, per tal de implementar nous nodes que conformin una xarxa Mesh. En aquest projecte s'ha basat en una comunicació punt a punt ja que es volia mostrar la capacitat que té Xbee de comunicació, però aquest sistema es suficientment potent per interconnectar diferents nodes que facin una xarxa mesh capaç de augmentar significativament les distàncies entre els nodes i el servidor.
- Programar un sistema de control de errors al codi, que en cas de que un sensor falli, informi també al servidor.
- Crear una aplicació mòbil que pugui consultar i mostrar els resultats obtinguts.
- Reduir la bateria per encabir els elements dins de la caixa estanca.
- Augmentar la superfície de captació de la cèl·lula fotovoltaica per tal de captar més energia solar.
- Afegir nous sensors que donin valor afegit als nodes, com sensors de pressió o de PH. En la recerca de sensors pel prototip vam haver de descartar aquesta solució ja que encarien el prototip i les dates d'entrega s'excedien en la planificació.

## 8. Bibliografía

- [1] Agtech.org.ar. (2019). *Sobre Agtech < Agtech*. [online] Disponible a: <https://agtech.org.ar/page/sobre-agtech> [Accés 15 Dec. 2019].
- [2] En.wikipedia.org. (2019). *Agritech*. [online] Disponible a: <https://en.wikipedia.org/wiki/Agritech> [Accés 15 Dec. 2019].
- [3] Agrointeligencia. (2019). *Smart Agro español en la Agricultura 4.0 - Agrointeligencia*. [online] Disponible a: <https://www.agrointeligencia.com/smart-agro-espana-agricultura-4-0/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [4] Encyclopedia Británica. (2019). *Agricultural technology*. [online] Disponible a: <https://www.britannica.com/technology/agricultural-technology> [Accés 15 Dec. 2019].
- [5] Un.org. (2019). *Población*. [online] Disponible a: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html> [Accés 15 Dec. 2019].
- [6] Historiaybiografias.com. (2019). *El Crecimiento de la Población Mundial Explosion demografica*. [online] Disponible a: <https://historiaybiografias.com/poblacion01/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [7] Un.org. (2019). *Agua*. [online] Disponible a: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html> [Accés 15 Dec. 2019].
- [8] ganadería, I. and Universal, H. (2019). *Inicios de la agricultura y la ganadería | Historia Universal*. [online] Historia Universal. Disponible a: <https://mihistoriauniversal.com/prehistoria/inicios-de-la-agricultura-y-la-ganaderia/> [Accés 15 Dec. 2019]./
- [9] Ciències Socials en Xarxa (Sapiens.cat). (2019). *Els orígens de la industrialització: la revolució agrícola del segle XVIII- Sapiens.cat*. [online] Disponible a: <http://blogs.sapiens.cat/socialsenxarxa/2010/09/23/els-origens-de-la-industrialitzacio-la-revolucio-agricola-del-segle-xviii/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [10] Clioekumene.webnode.es. (2019). *El crecimiento demográfico en los siglos XVII y XVIII :: clioekumene*. [online] Disponible a: <https://clioekumene.webnode.es/historia2/el-lugar-de-europa-en-el-poblamiento-de-la-tierra/el-crecimiento-demografico-en-los-siglos-xvii-y-xviii/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [11] Agroicultura. (2019). *La agricultura en la Historia de la Humanidad – 05*. [online] Disponible a: <https://agroicultura.com/general/la-agricultura-en-la-historia-de-la-humanidad-iv-a/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [12] Digital, A. (2019). *Agrotech, un sector clave para el desarrollo de la Smart City*. [online] Blog de Andalucía es Digital. Disponible a: [https://www.blog.andaluciaesdigital.es/agrotech-clave-para-smart-city/#Que\\_es\\_Agrotech\\_y\\_cuales\\_son\\_sus\\_ventajas](https://www.blog.andaluciaesdigital.es/agrotech-clave-para-smart-city/#Que_es_Agrotech_y_cuales_son_sus_ventajas) [Accés 15 Dec. 2019].
- [13]- Es.wikipedia.org. (2019). *Agricultura de precisión*. [online] Disponible a: [https://es.wikipedia.org/wiki/Agricultura\\_de\\_precisi%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Agricultura_de_precisi%C3%B3n) [Accés 15 Dec. 2019].



- [14] Seminis. (2019). *Sensores agrícolas: innovación para la optimización de recursos* | Seminis. [online] Disponible a: <https://www.seminis.mx/sensores-agricolas-innovacion-para-la-optimizacion-de-recursos/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [15] Qampo. (2019). *Qampo - Herramientas para agricultura de precisión*. [online] Disponible a: [https://qampo.es/?gclid=Cj0KCQjwuZDtBRDvARIsAPXFx3Cak62gjZp4whW8srYHjBPNn4alfjbc7rCWmbTGEgWmbF6Xnk7b\\_yIaAo5OEALw\\_wcB](https://qampo.es/?gclid=Cj0KCQjwuZDtBRDvARIsAPXFx3Cak62gjZp4whW8srYHjBPNn4alfjbc7rCWmbTGEgWmbF6Xnk7b_yIaAo5OEALw_wcB) [Accés 15 Dec. 2019].
- [16] Guiadeprensa.com. (2019). *Prismab - Guiadeprensa.com*. [online] Disponible a: <https://www.guiadeprensa.com/suplementos/excelencia-empresarial-31-mayo-2019-el-mundo/prismab/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [17] Libelium.com. (2019). *Libelium - Connecting Sensors to the Cloud*. [online] Disponible a: <http://www.libelium.com/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [18] Cano León, S., (2016), DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE SENSORES PARA LA MONITORIZACIÓN DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS RELACIONADAS CON EL CRECIMIENTO DE UN CULTIVO Riunet.upv.es. (2019). [online] Disponible a: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/80453/CANO%20-%20DISE%20%91O%20DE%20UNA%20ESTACI%20%93N%20INAL%20%81MBRICA%20DE%20SENSORES%20PARA%20LA%20MONITORIZACI%20%93N%20DE%20LAS%20MAGNITUDES%20F%20%8D....pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Accés 15 Dec. 2019].
- [19] Territorio, F. (2019). *ZigBee vs WiFi en redes de sensores. Estudio comparativo de General Electric*. [online] Tecnología y Territorio. Disponible a: <https://tecnologiayterritorio.wordpress.com/2013/01/03/zigbee-vs-wifi-en-redes-de-sensores-estudio-comparativo-de-general-electric/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [MotiusArduino]\_Arduino, Genuino, Raspberry Pi. Noticias y proyectos. (2019). *6 razones por las que deberías usar Arduino en tu proyecto*. [online] Disponible a: <https://descubrearduino.com/razones-las-usar-arduino/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [20] Scratch.mit.edu. (2019). *Scratch - Imagine, Program, Share*. [online] Disponible a: <https://scratch.mit.edu/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [21] Arduino.cc. (2019). *Arduino - Software*. [online] Disponible a: <https://www.arduino.cc/en/main/software#> [Accés 15 Dec. 2019].
- [22] XBee.cl - Comunicación Inalámbrica para Tus Proyectos. (2019). *XBee-PRO ZB S2C TH | XBee.cl - Comunicación para Tus Proyectos*. [online] Disponible a: <https://xbee.cl/xbee-pro-zb-s2c-th/> [Accés 15 Dec. 2019].
- [23] Mcielectronics.cl. (2019). [online] Disponible a: [https://www.mcielectronics.cl/website\\_MCI/static/documents/XBee\\_Guia\\_Usuario.pdf](https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/XBee_Guia_Usuario.pdf) [Accés 15 Dec. 2019].
- [24] GitHub. (2019). *arduino/Arduino*. [online] Disponible a: <https://github.com/arduino/Arduino> [Accés 15 Dec. 2019].
- [25] Worldcat.org. (2019). *Beginning C for Arduino : learn C programming for the Arduino (eBook, 2015) [WorldCat.org]*. [online] Disponible a:

<https://www.worldcat.org/title/beginning-c-for-arduino-learn-c-programming-for-the-arduino/oclc/912875060> [Accès 15 Dec. 2019].

[26] Worldcat.org. (2019). *Preview of Getting started with Arduino [WorldCat.org]*. [online] Disponible a: <https://www.worldcat.org/title/getting-started-with-arduino/oclc/898290173/viewport> [Accès 15 Dec. 2019].

[27] Es.wikipedia.org. (2019). *Python*. [online] Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/Python> [Accès 15 Dec. 2019].

[28] Python.org. (2019). *Python Documentation by Version*. [online] Disponible a: <https://www.python.org/doc/versions/> [Accès 15 Dec. 2019].

[29] Pythonhosted.org. (2019). *Welcome to pySerial's documentation — pySerial 3.0 documentation*. [online] Disponible a: <https://pythonhosted.org/pyserial/> [Accès 15 Dec. 2019].

[30] PyPI. (2019). *pip*. [online] Disponible a: <https://pypi.org/project/pip/> [Accès 15 Dec. 2019].

[31] Digi.com. (2019). *XCTU - Next Gen Configuration Platform for XBee/RF Solutions | Digi International*. [online] Disponible a: <https://www.digi.com/products/embedded-systems/digi-xbee/digi-xbee-tools/xctu> [Accès 15 Dec. 2019].

[32] [\\_](https://sqlitebrowser.org/)Sqlitebrowser.org. (2019). *About - DB Browser for SQLite*. [online] Disponible a: <https://sqlitebrowser.org/about/> [Accès 15 Dec. 2019].

[33] Sqlite.org. (2019). *SQLite Home Page*. [online] Disponible a: <https://www.sqlite.org/index.html> [Accès 15 Dec. 2019].

## 9. Glossari

**Agricultura de precisió:** Terme agronòmic que defineix la gestió de parcel·les agrícoles sobre la base de l'observació, la mesura i l'actuació davant de la variabilitat inter i intra-cultiu.

**Agrotech:** Aplicació i integració de les noves tecnologies a tot el que té a veure amb el sector primari (agricultura, ramaderia, horticultura).

**Agricultura 4.0:** Es basa en la captura i tractament intel·ligent i en temps real de la informació disponible al llarg de tota la cadena de valor i de l'cicle de vida dels productes i dels sistemes de producció.

**API:** Interfície de programació d'aplicacions.

**Arduino:** Una plataforma de maquinari i programari de codi obert, basada en una senzilla placa amb entrades i sortides, analògiques i digitals.

**BigData:** Terme evolutiu que descriu qualsevol quantitat voluminosa de dades estructurades, semiestructurats i no estructurats que tenen el potencial de ser extrets per obtenir informació.

**C++:** Llenguatge de programació dissenyat el 1979 per Bjarne Stroustrup.

**Cash Crops:** Un cultiu comercial o de benefici és un cultiu agrícola que es conrea per vendre amb fins de lucre.

**Escalabilitat:** Anglisme que descriu la capacitat d'un negoci o sistema de créixer en magnitud.

**GNU:** Sistema operatiu de tipus Unix, així com una gran col·lecció de programes informàtics que componen a sistema, desenvolupat per i per al Projecte GNU.

**IO (Investigació d'operacions):** sistemes de recerca de solucions a problemes entre persones i màquines.

**Internet de les Coses (IOT):** L'internet de les coses és un concepte que es refereix a una interconnexió digital d'objectes quotidians amb internet.

**Sensors:** Dispositiu que capta magnituds físiques (variacions de llum, temperatura, so, etc.) o altres alteracions del seu entorn.

**M2M :(machine to machine, 'màquina a màquina')** és un concepte genèric que es refereix a l'intercanvi d'informació o comunicació en format de dades entre dues màquines remotes).

**Mesh:** Una xarxa en malla és una topologia de xarxa en la qual cada node està connectat a tots els nodes.

**Microcontrolador:** És un circuit integrat programable, capaç d'executar les ordres gravades en la seva memòria.

**Node:** És un punt d'intersecció, connexió o unió de diversos elements que conflueixen en el mateix lloc.

**Port Serial:** És una interfície de comunicacions de dades digitals, freqüentment utilitzat per computadores i perifèrics, on la informació és transmesa bit a bit, enviant un sol bit alhora

**Python:** És un llenguatge de programació interpretat la filosofia posa l'accent en la llegibilitat del seu codi. Es tracta d'un llenguatge de programació multiparadigma, ja que suporta orientació a objectes, programació imperativa.

**Revolució Verda:** És la denominació usada internacionalment per descriure l'important increment de la productivitat agrícola i per tant d'aliments entre 1960 i 1980 als Estats Units.

**Sistema Global de Navegació per Satèl·lit (GNSS):** constel·lació de satèl·lits que transmet rangs de senyals utilitzats per al posicionament i localització en qualsevol part de l'globus terrestre.

**Sistemes d'informació Geogràfica (SIG):** És un conjunt d'eines que integra i relaciona diversos components que permeten l'organització, emmagatzematge, manipulació, anàlisi i modelització de grans quantitats de dades procedents de l'món real.

**Societat Científica Informàtica d'Espanya (SCIE):** És una federació d'associacions i societats científiques, que, entre altres cometes s'encarrega de donar continuïtat a l'CEDI, organitzant futures edicions de la mateixa; així com els Premis Nacionals d'Informàtica.

**Teledetecció:** És l'adquisició d'informació a petita o gran escala d'un objecte o fenomen, ja sigui usant instruments d'enregistrament o instruments d'escaneig en temps real sense fil.

**Smart Cities:** Es refereix a un tipus de desenvolupament urbà basat en la sostenibilitat<sup>2</sup> que és capaç de respondre adequadament a les necessitats bàsiques d'institucions, empreses, i dels mateixos habitants, tant en el pla econòmic, com en els aspectes operatius, socials i ambientals.

**Xbee:** Petites ràdios que poden comunicar-se sense fils unes amb les altres.

**ZigBee:** És el nom de l'especificació d'un conjunt de protocols d'alt nivell de comunicació sense fils per a la seva utilització amb radiodifusió digital de baix consum, basada en l'estàndard IEEE 802.15.4 de xarxes sense fils d'àrea personal.