



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Treball de Final de Màster
Master Thesis

Remote monitoring of a cold chain

Monitorització remota d'una cadena de fred



Autor:

Albert M. Salvadó i Moreu

Director TFM:

Rafael Vidal Ferré

Setembre 2015



Master on
Key Enabling
Technologies
4 Food and
+ Bioprocess



I. Resum

Entenem per cadena de fred el manteniment ininterromput de les condicions de temperatura requerides a cada moment per a garantir la integritat de les característiques organolèptiques i sanitàries dels aliments, i que no es pot trencar sense perdre algun d'aquests trets.

L'empresa Vegetàlia, dedicada a la producció d'aliments ecològics, vol veure les expectatives de millora en el control de la cadena de fred. Addicionalment, també vol realitzar el control de l'autoclau, per tal de veure si aconsegueix amb els paràmetres de treball requerits. En el present treball s'aborden mecanismes per tal de monitoritzar de forma remota el manteniment d'aquesta cadena tant a les furgonetes com a les cambres frigorífiques, mitjançant la utilització de diferents sensors integrats amb dispositius BLE (Bluetooth Low Energy) i WiFi. En cas de trencament, s'estableix un sistema d'alertes per mitjà de SMS i correu electrònic als responsables de la mateixa. D'aquesta manera facilita la gestió de les anomalies i la seva solució.

Les prestacions del sistema també possibiliten conèixer la situació de les furgonetes, mitjançant el receptor GPS (Global Positioning System) integrat interactuant amb un servei de posicionament, com ara Google Maps.

II. Resumen

Entendemos por cadena de frío el mantenimiento ininterrompido de las condiciones de temperatura requeridas en cada momento para garantizar la integridad de las características organolépticas y sanitarias de los alimentos, que no debe romperse en ningún momento si no se quiere perder las mismas.

La empresa Vegetàlia, dedicada a la producció de alimentos ecológicos, desea ver las posibilidades de mejora en el control de su cadena de frío. Adicionalmente, también se quiere realizar un control de la autoclave, con la finalidad de ver si cumple con los parámetros de trabajo requeridos. En el presente trabajo se abordan diferentes mecanismos para monitorizar de forma remota la continuidad de dicha cadena, tanto en las furgonetas como en las cámaras frigoríficas, mediante la utilización de diferentes sensores integrados en dispositivos BLE (Bluetooth Low Energy) y WiFi. En

caso de rotura de la misma, se establece un sistema de alertas mediante SMS y correo electrónico a los responsables de la misma. De esta manera, se facilita la gestión de las posibles anomalías, así como agiliza su resolución antes de que pueda llegar a afectar a la integridad de la cadena de frío.

Las prestaciones del sistema permiten, asimismo, conocer la ubicación de las furgonetas, mediante el receptor GPS (Global Positioning System) integrado, mediante su interacción con un servicio de posicionamiento, tal como Google Maps.

III. Abstract

We understand for cold chain the uninterrupted maintenance of the conditions of temperature needed in every moment to guarantee the integrity of organoleptic and sanitary characteristics in food, which must not be broken to avoid loose of such properties

The company Vegetàlia, is involved in the production of ecological food and now wants to see the possibilities of improvement in monitoring its cold chain. Additionally, it wants also to check if its production autoclave fulfills the required operating parameters. In the present work different mechanisms are approached to remote monitoring the continuity of the mentioned cold chain, either in the vans and in the cold-storage rooms, by means of the utilization of different sensors integrated in BLE (Bluetooth Low Energy) and WiFi devices. In case of break of the chain, an alert systems is provided by sending SMS and e-mail to the responsible individuals. Hereby, allowing them the management of such possible anomalies, as well as improve solving it before may affect the cold chain integrity.

The system performances allow know, likewise, the location of the vans, by means of the integrated GPS (Global Positioning System) receiver, working together with a positioning service, such as Google Maps.

IV. Keywords

Cadena de fred, monitorització, control, alarmes, posicionament, BLE, Bluetooth Low Energy, WIFI, GPS, autoclau, indústria alimentària

V. Index

1. Introducció	7
2. Situació actual de l'empresa	10
2.1. Situació geogràfica i entorn	10
2.1.1. Entorn	10
2.2. L'empresa	11
2.2.1. La finca	11
2.2.2. L'obrador	12
2.2.3. El magatzem	12
2.3. Sistemes informàtics i de comunicació de l'empresa	12
2.3.1. Comunicacions amb l'exterior	12
2.3.1.1. Veu i dades	12
2.3.2. Xarxes de dades	16
2.3.2.1. Cambra frigorífica de producte acabat	16
2.3.2.2. Àrea de producció	16
2.3.3. Sistemes informàtics	17
2.3.4. Control de la cadena de fred	17
2.3.4.1. Cambres frigorífiques	17
2.3.4.2. Les unitats mòbils: furgó i furgonetes	17
2.4. Anàlisi de l'estat actual de les instal·lacions dins l'àmbit d'interès del present TFM	20
2.5. Possibles línies de millora a partir del sistema actual	21
2.5.1. Solucions propietàries del fabricant del Data logger	21
2.5.2. Solucions propietàries per a les furgonetes	21
2.5.3. Conclusions	22
3. Control de temperatures a l'autoclau	23
3.1. Introducció	23
3.2. Operació de l'autoclau a Vegetàlia	24
3.3. Objectiu de millora	25
3.4. Mètodes de control de temperatura actualment disponibles	26
3.4.1. Termòmetres capil·lars de columna de vidre tradicionals	26

3.4.2.	Sensors electrònics acoblats a un sistema sense fils _____	26
3.4.3.	Sensors tipus NTC/PTC/Termoparells _____	26
3.4.4.	Sensors de fibra òptica FBG (Fiber Bragg Grating) _____	27
3.4.5.	Decisió final: Sensors electrònics autònoms d'altres prestacions amb enregistrament de dades incorporat _____	27
3.5.	Mètode operatiu als assaigs _____	29
3.6.	Dades obtingudes _____	31
3.7.	Interpretació dels resultats _____	34
3.8.	Conclusions _____	36
4.	<i>Caracterització prèvia del sistema de monitorització que es pretén implantar</i> _____	38
4.1.	Introducció i justificació del sistema _____	38
4.2.	Funcions del sistema _____	40
4.2.1.	Mesura de les dades _____	40
4.2.2.	Transmissió de dades dels sensors al sistema d'enregistrament _____	41
4.2.3.	L'enregistrament de les dades en local _____	42
4.2.4.	Sistema de gestió i explotació de les dades _____	43
4.2.5.	Alarmes _____	43
4.3.	Lògica de la tramesa de les dades dels sensors al sistema d'enregistrament _____	44
4.4.	Esquema funcional de control de la cadena de fred als vehicles _____	46
4.5.	Esquema funcional de control de la cadena de fred a les cambres frigorífiques _____	48
5.	<i>Criteris i selecció de tecnologies per a implementar el nou sistema</i> _____	49
5.1.	Recerca prèvia _____	49
5.2.	Requeriments _____	50
5.2.1.	Sensors _____	50
5.2.1.1.	Rang de temperatures de funcionament del sistema entre -30 i 140 °C. _____	51
5.2.1.2.	Tipus de sensors a utilitzar _____	51
5.2.1.3.	Sistema de transmissió de les dades dels sensors _____	52
5.2.1.4.	Necessitat d'organització en forma de xarxa de sensors _____	54
5.2.1.5.	Comparativa de prestacions _____	55
5.3.	Tecnologies proposades _____	56
5.3.1.	Comunicació amb la unitat de comunicació amb el sistema de gestió _____	56
5.3.2.	Comunicació unitats mòbils – servidor Web _____	57
6.	<i>Implementació del control de la cadena de fred a les unitats mòbils</i> _____	58

6.1.	Determinació dels elements físics a utilitzar	58
6.1.1.	Nodes sensors	58
6.1.2.	Transmissió de dades des de les unitats mòbils	62
7.	Implementació del control de la cadena de fred a les cambres frigorífiques	64
8.	Estudi econòmic del sistema	66
9.	Conclusions i línies futures	67
10.	Bibliografia	69
11.	Recursos electrònics	71
12.	Annexes	73
12.1.	Proves empíriques de viabilitat realitzades a les furgonetes	73
12.2.	Característiques del Data logger Eliwell 1000	74
12.3.	Instrucció per al funcionament de l'autoclaui	77
12.4.	Quadrants de control de temperatura i pressió de l'autoclaui	77
12.5.	Certificats de calibració de les sondes de l'assaig de l'autoclaui	79
12.6.	Dades obtingudes dels assaigs de control de l'autoclaui	83

Índex d'il·lustracions

<i>Il·lustració 1 - El Mas Montserrat</i>	7
<i>Il·lustració 2 - Plànols de situació</i>	10
<i>Il·lustració 3 - Vegetàlia i el seu entorn</i>	11
<i>Il·lustració 4 - Plànol general de l'empresa</i>	12
<i>Il·lustració 5 - Plànol de l'obrador</i>	12
<i>Il·lustració 6-Cobertura Vodafone 3G</i>	13
<i>Il·lustració 7-Orange Cobertura 2G</i>	14
<i>Il·lustració 8-VodaFone-Cobertura 2G</i>	14
<i>Il·lustració 9-Cobertura Movistar 2G</i>	15
<i>Il·lustració 10- Orange Cobertura 3G</i>	15
<i>Il·lustració 11-Cobertura Movistar 3G</i>	16

<i>Il·lustració 12 - l'etiqueta TinyTag i el seu lector</i>	18
<i>Il·lustració 13 - l'autoclau de Vegetàlia</i>	23
<i>Il·lustració 14 - Interior de l'autoclau</i>	23
<i>Il·lustració 15- Panell de control de l'autoclau</i>	24
<i>Il·lustració 16 - Manòmetre, termòmetre i enregistrator gràfic de l'autoclau</i>	24
<i>Il·lustració 18-Exemple del programa propi dels sensors</i>	28
<i>Il·lustració 19 - Situació dels sensors dins l'autoclau en fer els assaigs</i>	30
<i>Il·lustració 21- Gràfic dades assaig 1</i>	31
<i>Il·lustració 22-Gràfic dades assaig 2</i>	32
<i>Il·lustració 23-Gràfic dades assaig 3</i>	32
<i>Il·lustració 24-Gràfic dades assaig 4</i>	33
<i>Il·lustració 25-Gràfic dades assaig 5</i>	34
<i>Il·lustració 26-Gràfic dades assaig 6</i>	34
<i>Il·lustració 27- Esquema funcional de control de la cadena de fred als vehicles</i>	47
<i>Il·lustració 28-Esquema funcional de control de la cadena de fred a les cambres frigorífiques</i>	48
<i>Il·lustració 29: Estructura general d'una xarxa (Wireless sensor network for real-time perishable food supply chain management, 2015)</i>	54
<i>Il·lustració 30- Quadre comparatiu de diferents tecnologies sense fils</i>	55
<i>Il·lustració 31- Diagrama de blocs del sistema per al cas de les furgonetes</i>	63
<i>Il·lustració 32- Diagrama de blocs del sistema per al cas de les cambres frigorífiques</i>	64

VI. Índex de taules

<i>Taula 1 - Cambres existents amb temperatura controlada</i>	19
<i>Taula 2- Mostra del fitxer de descàrrega del TinyTag</i>	19
<i>Taula 4-Característiques dels diferents assaigs</i>	29
<i>Taula 5- Quadre comparatiu de les diferents tecnologies proposades</i>	56
<i>Taula 6- Quadres i taules comparatius de les característiques dels diferents sensors del SensorTag</i>	60
<i>Taula 7-Principals característiques del TI SensorTag. Font: TI - Wireless Connectivity Guide</i>	61
<i>Taula 8- Estudi econòmic del sistema (Preus sense IVA)</i>	66

1. Introducció

L'empresa Vegetàlia elabora i distribueix, des de 1986, una àmplia gamma de productes ecològics i és pionera en la fabricació de proteïna vegetal. Des dels seus inicis ha apostat per **una alimentació natural i ecològica** en equilibri entre la tradició artesanal i l'ús de la tecnologia més avançada.

Aquesta tasca va íntimament lligada al seu compromís amb les persones i amb la terra, i el camí per a aconseguir-ho i mantenir-ho és a través de la **qualitat** i la **sostenibilitat**.



Il·lustració 1 - El Mas Montserrat

A **Mas Montserrat** es troba l'espai adient per a dur a terme aquesta activitat. Situada en un paratge excepcional de la comarca del Moianès, al poble de Castellcir, compta amb 70 hectàrees agrícoles i forestals, 1000 m² d'obraders alimentaris, 1.800 m² de magatzem,

350 m² d'oficines i una masia de pedra.

L'empresa Vegetàlia es troba immersa en aquests moments en un procés d'actualització de les seves instal·lacions per tal de fer front a la creixent demanda dels seus productes. Això l'està obligant a modernitzar les seves instal·lacions de manera que pugui mantenir el nivell de qualitat de la instal·lació artesanal inicial a una d'industrial amb les plenes garanties que exigeixen els





estàndards actuals, sense perdre, però, les característiques del producte fresc de qualitat que li han fet guanyar l'estimació de tots els seus clients . Dins d'aquest

context és on s'emmarca el present treball, quina proposta va ser molt ben rebuda per part de l'empresa, donat que justament s'estaven plantejant l'estudi d'opcions de tecnificació com la que en aquest moment presentem.

Els objectius del present TFM són:

- Verificar l'acompliment dels programes i paràmetres operatius de l'autoclau
- Veure possibilitats tecnològiques o operatives de millora en el control de la cadena de fred
- Establiment d'un sistema de monitorització i alerta de la cadena de fred, tant en furgonetes com a les cambres frigorífiques, de forma diferenciada
- Cercar solucions concretes dins les tecnologies trobades
- Avaluar el cost econòmic del sistema

El contingut dels diferents capítols s'estructura com segueix:

Al capítol 2 es presenta l'empresa com a tal, la seva situació geogràfica i entorn, així com la descripció física de les principals parts de la mateixa. També inclou la proposta de l'empresa i un estudi funcional de les parts relacionades amb els propòsits del present treball. Al capítol 3, es descriu el control de temperatures a l'autoclau, inclou la descripció i operativa de la mateixa, així com les proves dutes a terme per a verificar-ne el funcionament. Al capítol 4, es fa la caracterització prèvia del sistema de monitorització que es pretén implantar i l'estudi dels condicionants i opcions tècniques de què es disposa per a dur a terme la implementació del sistema. Al capítol 5 es valoren els criteris a tenir en compte per a fer la implantació i es proposen les tecnologies que es creuen més adequades en cada cas. Al capítol 6 es tracta de la implementació efectiva de sistemes concrets a les unitats mòbils (furgó i furgonetes), mentre que al capítol 7 fem el mateix per a les cambres frigorífiques. Al capítol 8 es

parla de les conclusions extretes i de les línies futures a seguir. Al capítol 9 es fa una valoració econòmica del sistema. Als capítols 10, 11 i 12, els capítols habituals de bibliografia utilitzada, els recursos electrònics emprats i els annexes amb informació addicional.

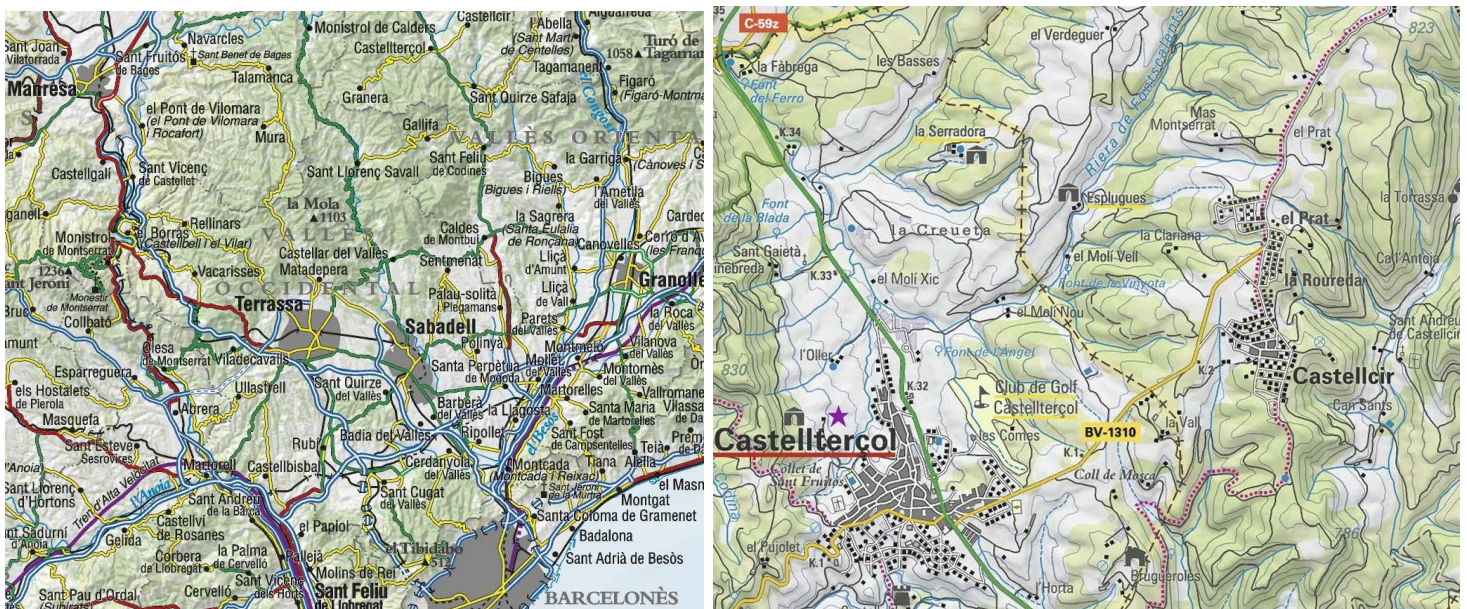


2. Situació actual de l'empresa

2.1. Situació geogràfica i entorn

El municipi de Castellcir es troba localitzat a la part SE de l'actual comarca del Moianès, a la província de Barcelona, limitant el seu propi terme municipal amb la comarca d'Osona per la zona de llevant i amb la comarca del Bages per la zona nord i oest. Es troba a mitja hora de trajecte amb automòbil de Granollers, Manresa i Vic.

Castellcir disposa (d'acord el cens de l'any 2012) de 704 habitants i 34.5 km² (segons l'Institut d'Estadística de Catalunya), situat a uns 700 m d'altura al sud-est del Moianès i al nord-oest del Vallès Oriental,



Il·lustració 2 - Plànols de situació

2.1.1. Entorn

El nucli de Castellcir és un poble petit, de 718 habitants (2014), amb una economia bàsicament agrícola, essent Vegetàlia, com Suquipà, una altra petita empresa també del ram agroalimentari, la única presència d'indústria pròpiament dita. A la localitat de Castellterçol, a 2 Km de distància, es troben les empreses Natursoy i Casa Mas, dedicades també a la mateixa activitat.

2.2. L'empresa

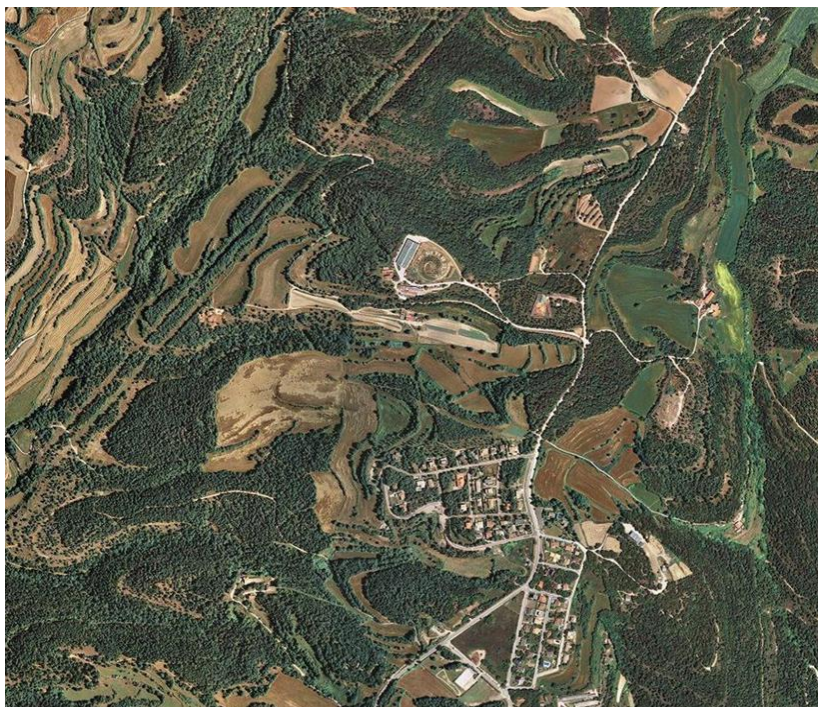
L'empresa es dedica a la venda i distribució de diferents productes de la gamma d'alimentació ecològica, tant de producció pròpia com en forma de distribució de productes externs. Productes com ara el tofu, seitan i tempe, elaborats a l'obrador de l'empresa, són la base per a la elaboració de productes derivats, com ara hamburgueses, mandonguilles, etc.

La majoria d'aquests productes derivats també es produeixen a les pròpies instal·lacions, essent després distribuïts tant a nivell majorista com a les botigues al detall, bàsicament mitjançant tres furgonetes i un furgó propietat de l'empresa.

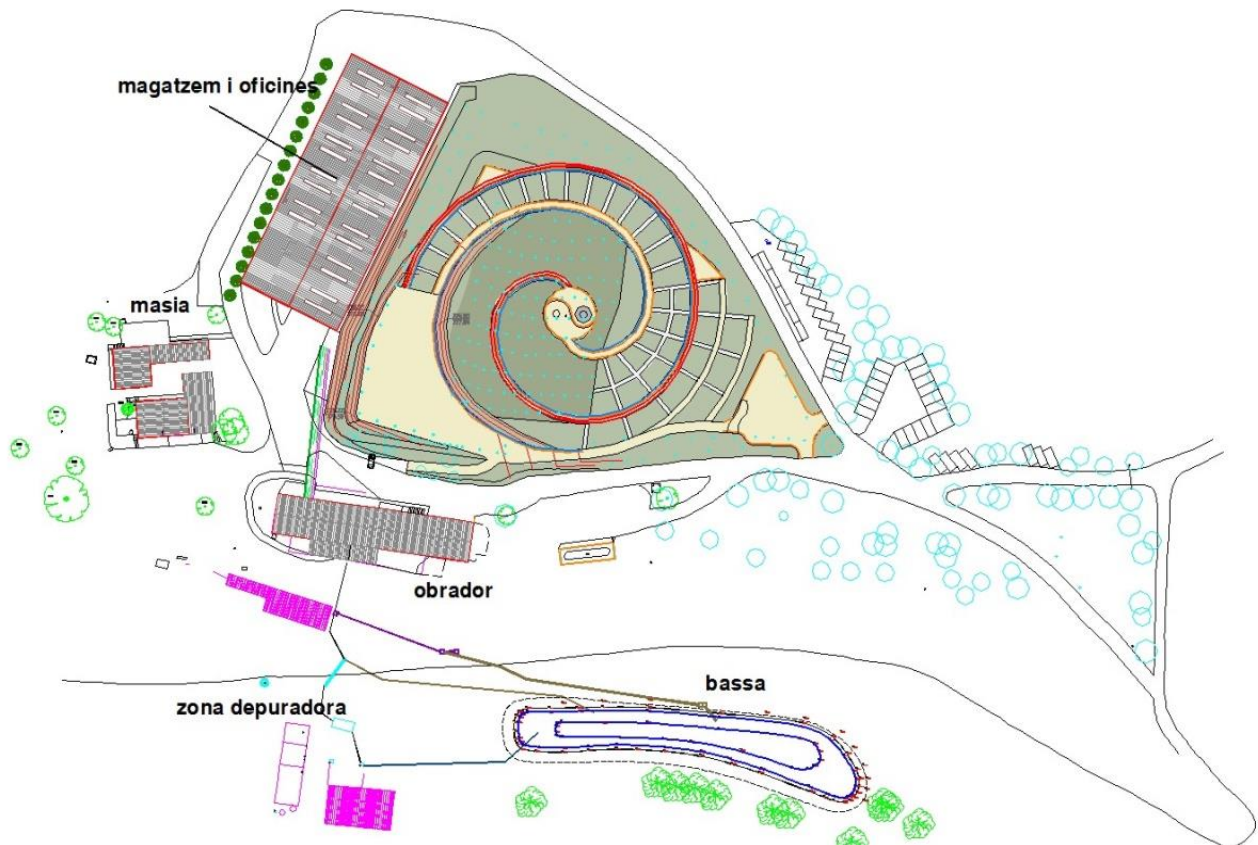
El seu compromís amb l'ecologia no es limita als productes, sinó que en les seves instal·lacions disposa de plaques per a l'aprofitament de l'energia solar, tant tèrmica com fotovoltaica, així com d'una caldera de biomassa

2.2.1. La finca

L'empresa es troba ubicada a la comarca de l Moianès, en un entorn natural de gran bellesa, enmig de boscos i camps, en una finca de 70 Ha. Hi trobem quatre agrupaments d'edificis: el de magatzem, l'obrador, la zona de la depuradora d'aigües residuals, i una masia, residència del propietari.



Il·lustració 3 - Vegetàlia i el seu entorn



Il·lustració 4 - Plànol general de l'empresa

2.2.3. El magatzem

Es troba situada a uns 50 m de l'obrador. És una nau de dimensions considerables, on es troba íntegrament el magatzem de productes tant propis com de procedència externa, destinats i preparats per a la venda. Aquí s'ubica també el despatx i àrea d'expedicions i logística. En un altell es troben els despatxos de direcció i els departaments administratius, recepció i atenció al client. Aquí es troba també la cambra de producte acabat, com a pas previ per a la seva distribució.

2.3. Sistemes informàtics i de comunicació de l'empresa

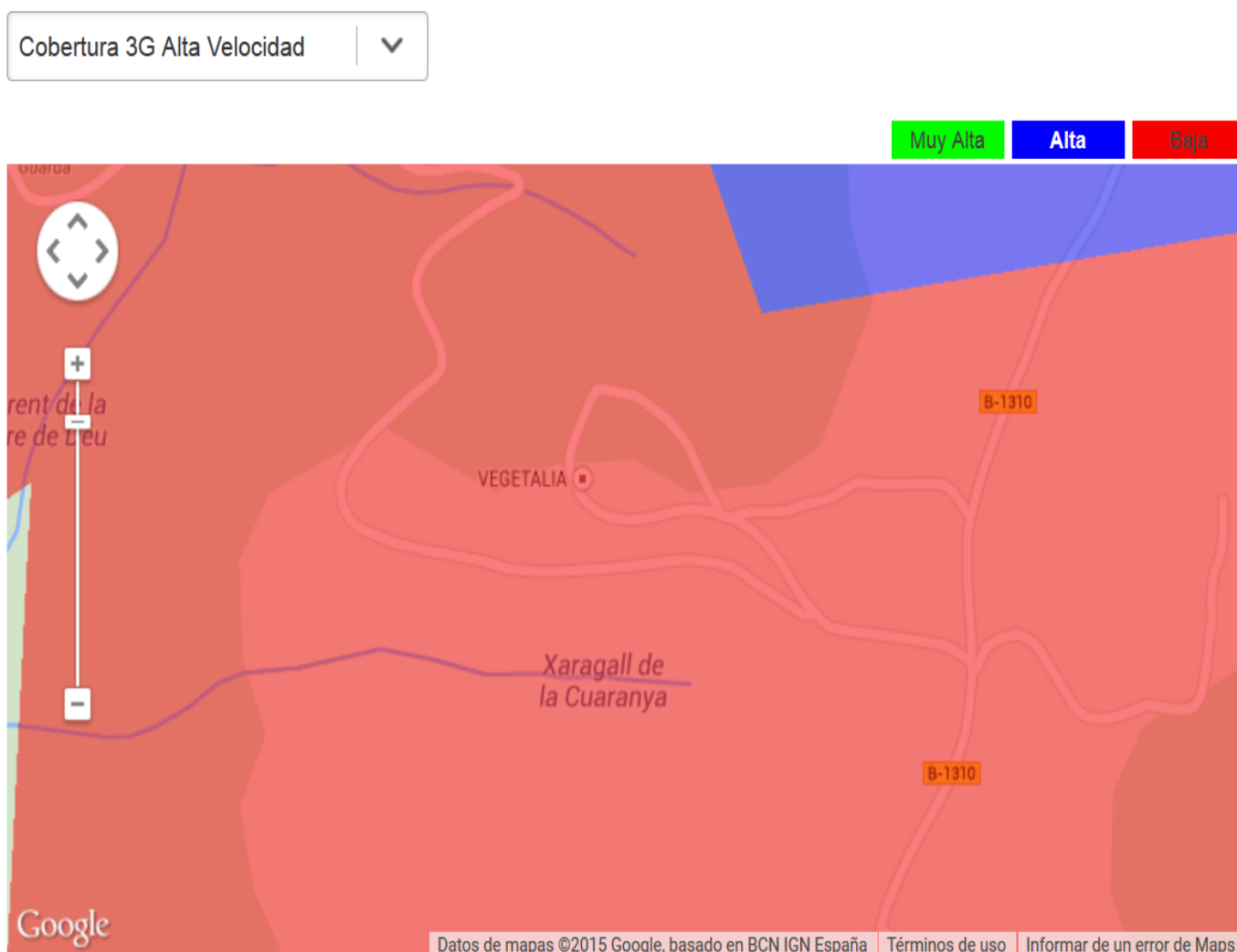
2.3.1. Comunicacions amb l'exterior

2.3.1.1. Veu i dades

L'empresa disposa de una xarxa ADSL amb 1 Mb de velocitat, més 3 línies Iberbanda per a dades, mentre que la connexió telefònica de veu es realitza actualment

mitjançant tres línies cablejades convencionals amb centraleta, a més de diferents línies mòbils.

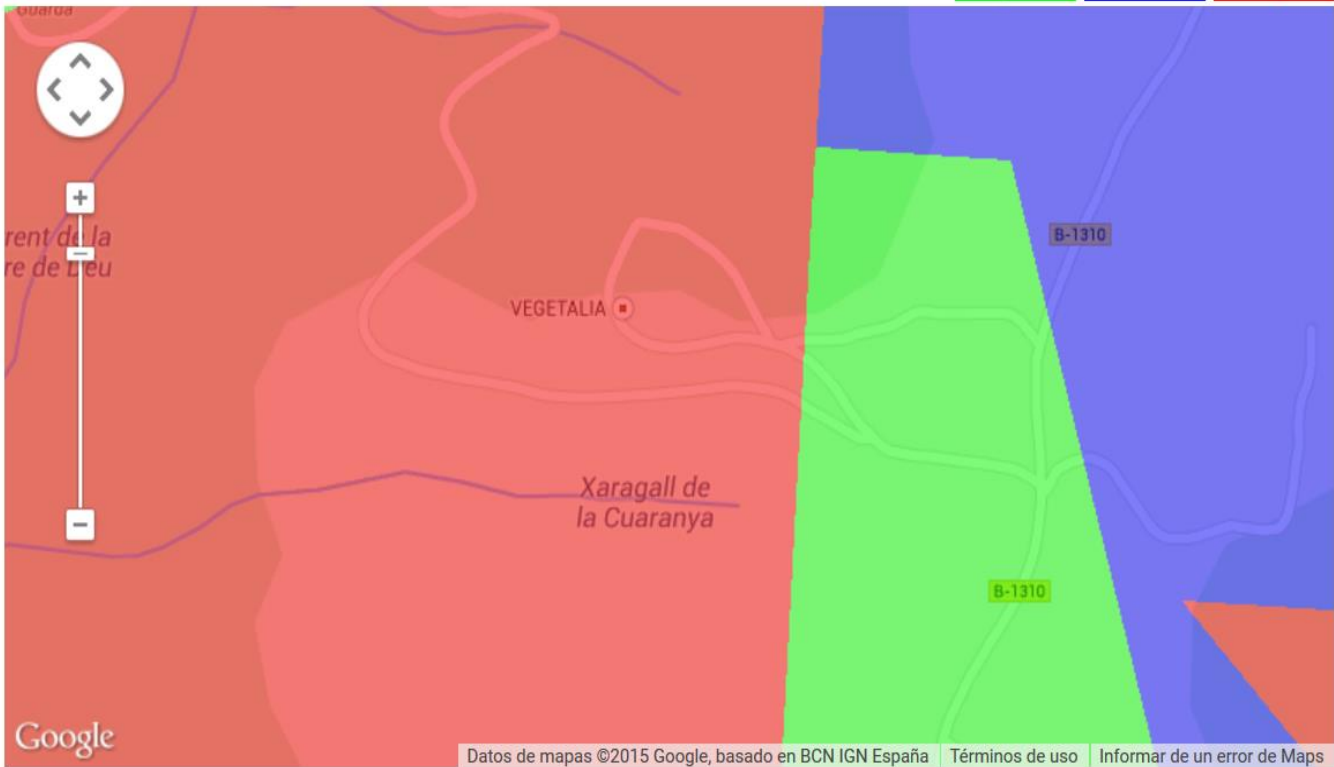
La cobertura de les xarxes de dades mòbils venen donades per els següents diagrames, obtinguts dels mateixos operadors. En cap cas hi ha cobertura 4G.



Il·lustració 6-Cobertura Vodafone 3G

Cobertura 2G

Muy Alta Alta Baja



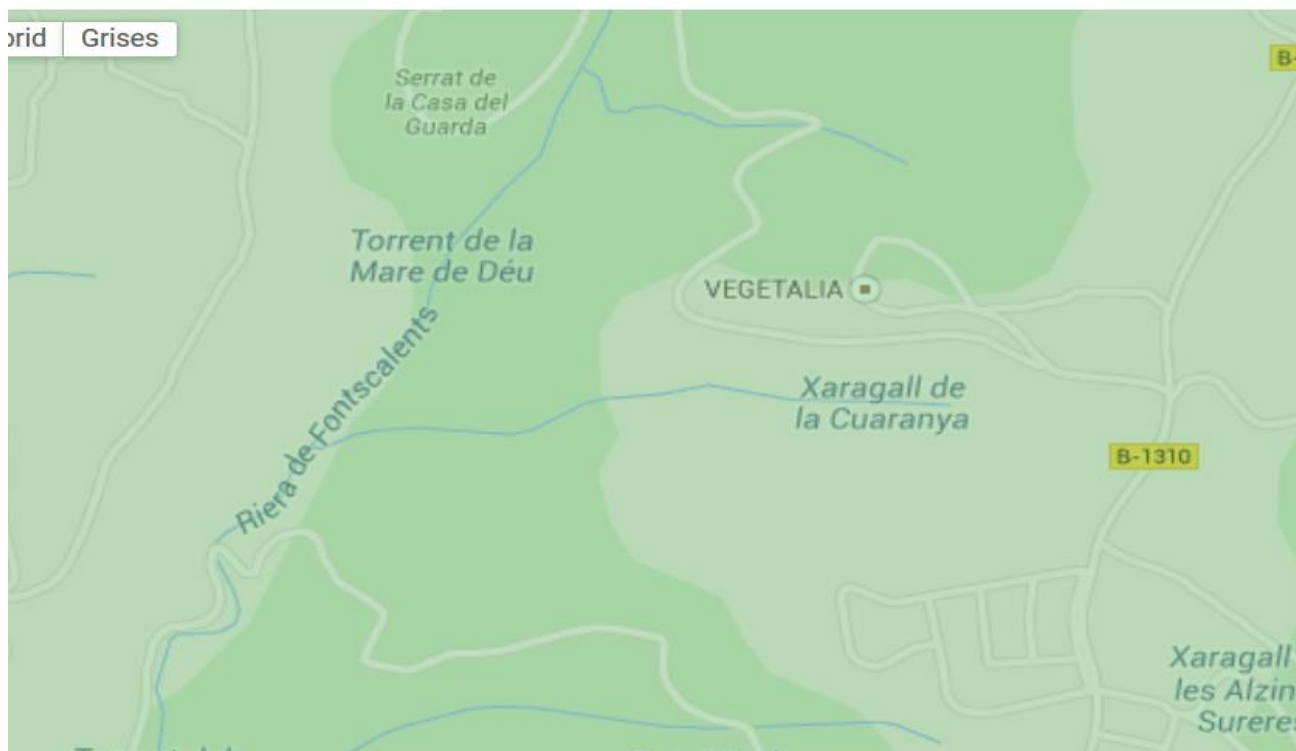
Il·lustració 8-VodaFone-Cobertura 2G

2G 3G 4G

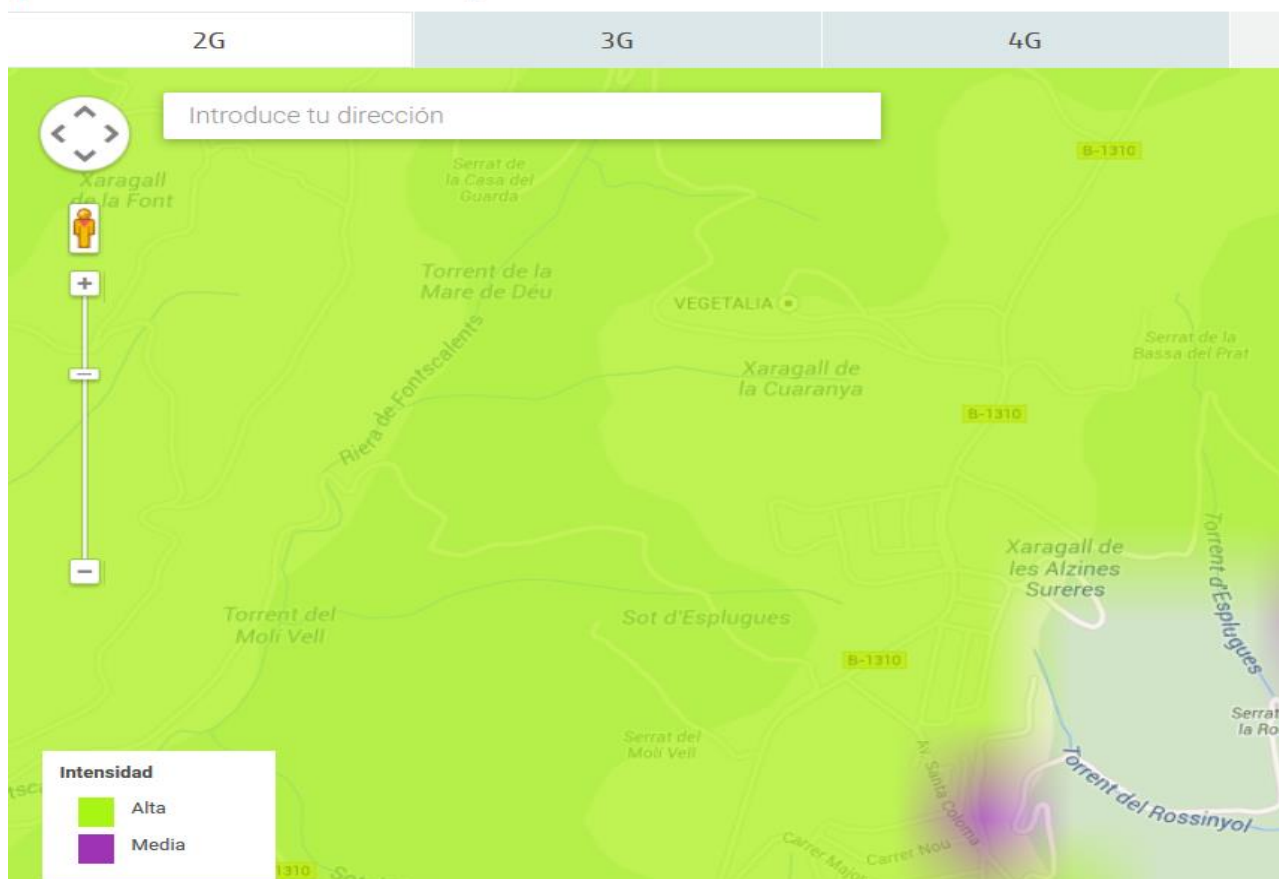


Il·lustració 7-Orange Cobertura 2G

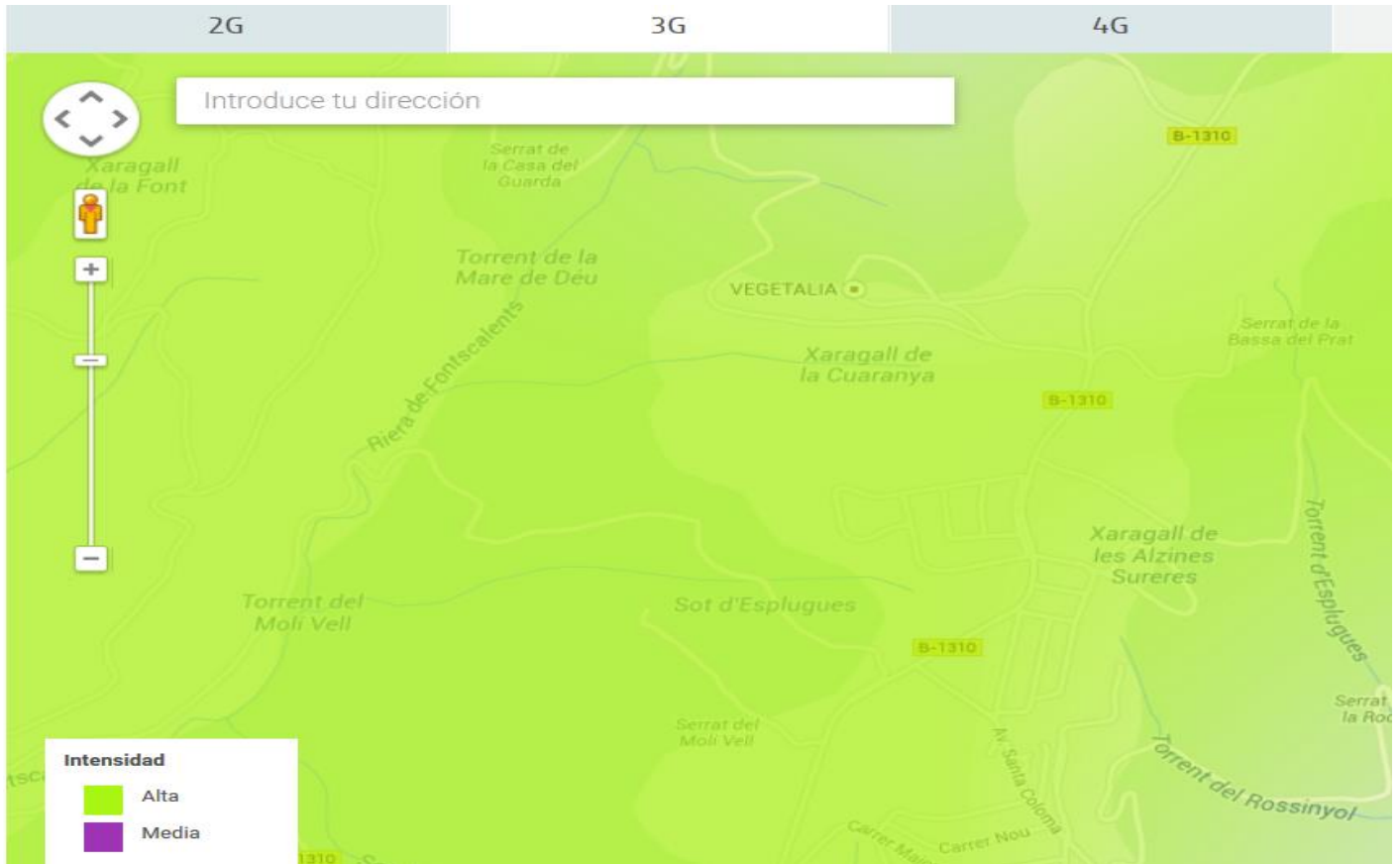




Il·lustració 10- Orange Cobertura 3G



Il·lustració 9-Cobertura Movistar 2G



Il·lustració 11-Cobertura Movistar 3G

2.3.2. Xarxes de dades

Al recinte de la instal·lació, podem trobar fins a tres xarxes Wifi diferents, connectades a una xarxa LAN (Local Area Network) Ethernet. Bàsicament trobem una xarxa dedicada a producció, amb l'abast de l'obrador, una altra més de caire administratiu, a la zona de magatzem, i una altra, que dóna servei a l'interior de la gran cambra frigorífica del magatzem.

2.3.2.1. Cambra frigorífica de producte acabat

En aquesta zona trobem un AP (Access Point) amb funcions de router, model del tipus AP-5131, de l'empresa Motorola amb certificacions IEEE802.11abg i WPA2 i anteriors de seguretat, segons les especificacions obtingudes de l'adreça web que hom pot trobar a l'apartat de recursos electrònics, al final d'aquesta memòria.

2.3.2.2. Àrea de producció

L'AP que s'encarrega de donar servei a l'àrea de producció es troba ubicat al pis superior, i dona accés a la part central de la zona de producció, sense oferir cobertura,

però, dins les cambres existents, ni als extremes de l'obrador. És el model Ovislink Evo-W322AR, amb certificacions IEEE802.11bgn i WPA2 i anteriors de seguretat. Per a més detall sobre les seves característiques, veure pàgina web del fabricant ressenyada a l'apartat de recursos electrònics.

2.3.3. Sistemes informàtics

L'empresa disposa d'un sistema informàtic format per un conjunt de PCs connectats a una xarxa LAN Ethernet. Aquest sistema està dedicat a tasques habituals de l'empresa, tant pel que fa a administració i logística, com de facturació, i gestió de clients i proveïdors, qualitat, producció, etc. Per altra banda, l'empresa té contractat un servei de hosting extern, on es troba allotjada la pàgina Web de l'empresa (<http://www.vegetalia.com/>).

2.3.4. Control de la cadena de fred

2.3.4.1. Cambres frigorífiques

Les diferents cambres es troben monitoritzades actualment amb un sistema de sensors, degudament calibrats, almenys un per cambra, i connectats mitjançant cable, amb un sistema central de recollida de dades tipus data logger. El model utilitzat és el model Eliwell Memory 1280E. Aquest element, actualment no es troba connectat al sistema informàtic, sinó que cal anar físicament a fer la lectura en pantalla.

Altres característiques d'aquest equip, segons el fabricant es poden consultar a l'annex corresponent.

2.3.4.2. Les unitats mòbils: furgó i furgonetes

Per la seva part, les furgonetes i el furgó disposen d'un sistema d'enregistrament de la temperatura basat en un dispositiu tipus Tinytag Sprinter 3513 GZW, que enregistra les temperatures i, en tornar a l'empresa, el conductor el lliura al responsable de Logística, qui el connecta físicament a un ordinador, connectat a la xarxa administrativa de l'empresa per a fer-ne la descàrrega de les dades. No té possibilitat d'intervenció externa per a la seva modificació operativa, només se'n poden modificar els paràmetres funcionals. Del full de característiques d'aquest dispositiu, veiem que es tracta de un sensor NTC amb tecnologia RFID, del tipus actiu, amb un interval

d'enregistrament que es pot configurar entre 1 segon i 10 dies, un rang de temperatures entre els -40 i els 70°C, una resolució superior a 0,01°C i una precisió de aproximadament entre 0,4º i 0,7C per als intervals operatius que ens interessin, un temps de resposta de 10 minuts per a assolir el 90% del valor, i un factor IP de 54 (impermeable a pols i projecció d'aigua). Pot emmagatzemar fins a 8000 mesures i disposa de diferents programes de treball. Se'n poden trobar més dades a l'annex a l'apartat de recursos electrònics.

La descàrrega de dades es realitza bé per mitja de connexió USB, o mitjançant un dispositiu magnètic connectat a un ordinador.



Il·lustració 12 - l'etiqueta TinyTag i el seu lector

Les cambres frigorífiques són de fabricació, dimensions i temperatura de treball molt variades i, a més dels sensors calibrats que hem esmentat, també tenen en certs cassos sondes i termòmetres addicionals per a reforçar-ne el control.

	Nom dels equips	T°C optima	Marges
1	<i>Cambra matèria primera</i>	0-4°C	+/- 2°C
2	<i>Cambra producte semielaborat</i>	0-4°C	+/- 2°C
3	<i>Cambra de congelació</i>	-21°C	+/- 2°C
4	<i>Cambra d'abatiment de temperatura</i>	10°C	+/- 2°C
5	<i>Cambra de producte acabat producció</i>	0-4°C	+/- 2°C
6	<i>Autoclau (Pasteurització i esterilització)</i>	80-90-110	+/-5°C
7	<i>Sala d'envasat 12°C</i>	10-12°C	+/-5°C
8	<i>Pasteuritzador llet de soja</i>	85-115°C	+/-5°C
9	<i>Furgoneta frigorífica (4 equips)</i>	0-4°C	+ 6°C
10	<i>Sala preparació de frescos</i>	10-12°C	+/-5°C
12	<i>Sala etiquetat</i>	12°C	+/-5°C
13	<i>Cambra de producte acabat distribució</i>	0°C	+/-5°C
14	<i>Cambra Raw Food</i>	8°C	+/- 2°C
15	<i>Cambres Tempe (fermentació) - Ambient</i>	10-40°C	+/- 2°C
16	<i>Cambres Tempe (fermentació) - Producte</i>	30°C	+/- 2°C
17	<i>Forn Raw food</i>	30-50°C	+/- 2°C

Taula 1 - Cambres existents amb temperatura controlada

A la taula inferior podem veure un exemple de bolcat de dades de l'etiqueta TinyTag, un cop convertida del format propietari a format XML. Com podem veure, es tracta d'un senzill fitxer seqüencial, on s'enregistren la data i hora, en intervals de 10' en aquest cas, així com la temperatura.

	<i>Time</i>	<i>1</i>
<i>S/N</i>		691592
<i>Type</i>		TG-4079
<i>Description</i>		FIRGÓ SPRINTER HPF
<i>Property</i>		Temperature
	1	30/05/2015 00:20 19.394 °C
	2	30/05/2015 00:30 19.337 °C
	3	30/05/2015 00:40 19.278 °C
	4	30/05/2015 00:50 19.235 °C
	5	30/05/2015 01:00 19.183 °C
	6	30/05/2015 01:10 19.107 °C
	7	30/05/2015 01:20 19.064 °C
	8	30/05/2015 01:30 19.027 °C
	9	30/05/2015 01:40 18.982 °C
	10	30/05/2015 01:50 18.918 °C
	11	30/05/2015 02:00 18.850 °C

Taula 2- Mostra del fitxer de descàrrega del TinyTag

2.4. Anàlisi de l'estat actual de les instal·lacions dins l'àmbit d'interès del present TFM

En aquest apartat ens centrarem en l'estat de les instal·lacions restringit a l'àmbit d'interès del present TFM.

En primer lloc, el que s'ha fet és un estudi del funcionament del sistema d'elaboració i emmagatzemat dels diferents productes, visitant les diferents instal·lacions per tal de detectar possibles necessitats i carències.

En el decurs d'aquesta visita s'han detectat els següents punts a millorar:

- Manca de connexió entre el data logger de control de les diferents dependències i cambres
- Existència d'un sol sensor a la majoria de punts de control quan en certs cassos, com ara la gran cambra d'emmagatzematge frigorífic. Creiem que seria aconsellable de disposar-ne de més, per tal de detectar possibles estratificacions de l'aire. Aquesta carència podria ésser deguda al data logger, físicament limitat, per construcció, a 8 sondes d'entrada, tot i que es podria expandir via RS-485.
- En aquest moment, el control de temperatures es realitza de forma visual, no ha un sistema d'alarmes i/o avisos en cas de problemes
- Les furgonetes, tenen un dispositiu de regulació automàtic de la potència de fred sense, però, cap sistema de control de la temperatura real.

Aquest dispositiu disposa d'una pantalla, situada a l'interior de la cabina, on diu la temperatura mesurada de l'aire de sortida del compressor frigorífic. El conductor pot regular a voluntat la temperatura de sortida, però no disposa de cap referència de la seva magnitud real. La part refrigerada és d'una sola cambra, amb porta principal posterior i una de lateral més petita. Durant el seu trajecte, les dades de temperatura s'enregistren dins l'abans esmentat dispositiu sensor i d'emmagatzemament de les dades de temperatura. No es disposa, per tant, d'un sistema de seguiment ni d'alarma en temps real, que faciliti de preveure o actuar davant de possibles eventualitats

- No es disposa d'un protocol d'ubicació dins el recinte refrigerat del dispositiu sensor, per tant, aquest és col·locat a criteri del conductor dins de la cambra.
- L'autoclau ja té una certa antiguitat. Disposa d'un sistema analògic de control de temperatures i pressió. No s'ha fet un control actualitzat de la distribució de temperatures dins del mateix, i una de les propostes de millora que s'han plantejat per part de l'empresa seria la realització d'un control d'aquest tipus, així com del comportament del producte tractat en funció del programa de reducció de la càrrega microbiana utilitzat

2.5. Possibles línies de millora a partir del sistema actual

En aquest apartat es tracten un seguit de les solucions basades en les pròpies proporcionades pels fabricants dels diferents dispositius de què disposa l'empresa i que, per un o altre motiu, no s'estan aplicant

2.5.1. Solucions propietàries del fabricant del Data logger

El Data logger és el dispositiu que rep els senyals dels sensors situats dins les diferents cambres de la zona de producció, i disposa d'un sistema d'alertes que, per el moment, no es troba connectat al sistema informàtic. Segons podem veure al full de característiques del catàleg d'Eliwell, per a aquest model en concret, disposa de port de sortida RS-232-C, tant per a connexió a PC com per a descàrrega de dades, així com un adaptador per mòdems GSM per a l'enviament d'alarmes vis SMS.

Per altra banda, també disposa de ranura per a la descàrrega de les dades via targeta SD, així com el programari per a fer-ho des d'un ordinador via RS232-C.

Així, veiem que aquesta podria ésser una sortida factible per tal d'obtenir un sistema d'alarmes via telefonia mòbil, així com per a poder fer la descàrrega de les dades directament a l'ordinador.

2.5.2. Solucions propietàries per a les furgonetes

En el cas de les furgonetes, donat que es tracta d'un sistema tancat que, segons la documentació que s'ha pogut consultar, no presenta cap possibilitat de configuració ni de variació més enllà de la configuració del programari a través de la pantalla LCD

incorporada a l'equip, no es disposa de marge per a implementar-hi res. Així mateix, el sistema d'enregistrament també és un sistema tancat que no admet cap sortida diferent que la descàrrega de dades a l'ordinador en acabar l'itinerari o la visualització del gràfic de temperatures mitjançant el programari que incorpora.

2.5.3. Conclusions

Com es veu, el sistema actual té unes limitacions inherents als equips utilitzats que, en molts casos, no possibiliten cap millora. Per aquest motiu, en capítols posteriors s'intentarà establir unes bases per a superar aquestes limitacions i ens permetin, al mateix temps, aportar les millores que proposa l'empresa. Entre aquestes destaca la monitorització remota de la cadena de fred, que és difícil d'implementar amb els mitjans presents. Aquest objectiu s'assoliria mitjançant el desenvolupament d'un sistema propi d'adquisició i/o gestió de les dades obtingudes. Aquest sistema podria funcionar en paral·lel a l'existent, o bé en col·laboració amb ell, ja fos en part o totalment.

3. Control de temperatures a l'autoclau

3.1. Introducció

L'esterilització dels productes alimentaris és un punt bàsic en la producció d'aliments, donat que és, junt amb el manteniment de la cadena de fred i un bon envasat, el que garanteix que el producte arribarà a mans del consumidor final en les condicions higièniques i organolèptiques adequades. Això és possible perquè prèviament s'ha inhibit l'activitat microbiana a uns límits que es consideren adequats per a garantir-ne la conservació durant un període de temps determinat, superior a l'indicat en la data de caducitat.



Il·lustració 13 - l'autoclau de Vegetàlia

Aquest procés d'inhibició microbiana es pot fer actualment per mitjà de diferents mètodes. En el cas de Vegetàlia actualment es realitza mitjançant un autoclau, on s'introdueix el producte un cop envasat, abans d'etiquetar-lo i portar-lo a la cambra de producte acabat, a l'espera de la seva distribució.

La utilització d'un autoclau és sotmès a algunes restriccions, sobretot degudes a la possible estratificació de capes d'aire amb diferents temperatures, que impedeixi una correcta distribució de les mateixes al seu interior. Aquest problema pot afectar la qualitat de l'esterilització. És molt important de verificar si el disseny operatiu de l'autoclau presenta aquest problema, o no. Això és difícil de determinar si només es disposa d'una única sonda. Cal fer diferents mesures simultànies i estudiar-ne els resultats.



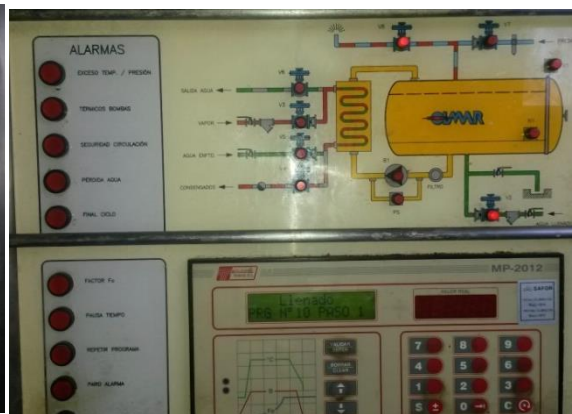
Il·lustració 14 - Interior de l'autoclau

3.2. Operació de l'autoclau a Vegetàlia

L'autoclau de Vegetàlia és un cilindre fabricat en acer inoxidable, situat en posició horitzontal, amb unes dimensions interiors de 3.22m llarg per 1.35m de \varnothing . Disposa d'un control de temperatura analògic, amb un rellotge també analògic, amb enregistrament sobre d'un cercle de paper. Té una sonda fixa interior, i una altra amb un cable flexible per tal de poder-la introduir dins el producte. Es tanca per un dels extrems per mitja d'una porta rotatòria amb tancament tipus baioneta. L'entrada de l'aigua calenta es realitza per aspersió des d'una guia longitudinal existent a la part superior.



Il·lustració 16 - Manòmetre, termòmetre i enregistrator gràfic de l'autoclau



Il·lustració 15- Panell de control de l'autoclau

Com ja s'ha comentat, el producte és introduït dins l'autoclau un cop envasat. En funció principalment del format de l'envasat es fa bé en calaixos de plàstic apilats i posats sobre d'un suport amb rodes que corre sobre d'unes guies longitudinals per l'interior de l'autoclau, permetent així la seva introducció i extracció de forma senzilla, o bé apilat dins unes gàbies especialment construïdes i que també corren sobre les rodes.



Un cop carregat l'autoclau, sigui de forma parcial o total, en funció de la producció, es tanca hermèticament i es ruixa el producte amb aigua calenta o



vapor per una guia situada a la part superior, d'on l'aigua s'escorre per sobre del producte fins la part inferior, d'on es recull i es torna a fer recircular. En cas que així ho requereixi, es pot augmentar també la pressió interior.

Tot aquest procés resta reflectit actualment per mitjà d'un enregistrator de temperatura analògic situat al cos exterior de l'autoclau. També disposa d'un termòmetre i un manòmetre analògics per a fer el control visual.

A l'annex corresponent s'adjunten les cartes de registre dels assaigs realitzats.

En funció del producte tractat, hom utilitza diferents programes d'esterilització, amb diferents temperatures i temps de procés, així com també diferents perfils de pujada i baixada de les temperatures i increments de la pressió.

Els programes utilitzats i les seves dades no es poden proporcionar, doncs es consideren part del know-how de l'empresa.

Un cop finalitzat el programa, es ruixa el producte amb aigua freda per tal de baixar la temperatura i la pressió, s'extreu de dins l'autoclau i es col·loca a l'abatidor de temperatura on, mitjançant temperatures properes als 0°C es redueix de forma ràpida la temperatura, seguint amb el procés d'emmagatzematge.

3.3. Objectiu de millora

Com a primer pas vinculat a les propostes de millora, s'ha realitzat un control de les temperatures de l'autoclau. Aquest control s'ha fet en forma d'una sèrie d'assaigs en els que s'ha fet la mesura de les temperatures dins el mateix. Els propòsits d'aquest control han estat:

- Verificar el correcte funcionament de les sondes i del mecanisme de control del mateix
- Veure la diferència existent entre la temperatura mesurada dins l'autoclau, però fora del producte, i la mesurada dins el mateix
- Verificar la distribució de les temperatures dins l'autoclau
- Comparar el comportament de diferents programes d'esterilització i diferents productes.

3.4. Mètodes de control de temperatura actualment disponibles

Actualment es disposa de molts tipus de dispositius per a mesurar temperatures. A continuació es farà una ràpida repassada a les diferents tecnologies habitualment disponibles

3.4.1. Termòmetres capil·lars de columna de vidre tradicionals

- Sistema obsolet però fiable
- No permeten la mesura ni l'enregistrament automàtic de les dades
- Cal perforar cada lloc on es vulgui prendre una mesura
- Díficils de llegir segons en quina situació es trobin
- Díficils d'implementar
- Fràgils. Tenen una punta que sobresurt del seu entorn
- La lectura s'ha de fer "in situ"

Conclusió: ús no gaire recomanable.



3.4.2. Sensors electrònics acoblats a un sistema sense fils

- Senzills d'utilitzar i d'implementar
- Senzills de llegir i automatitzar
- No cal perforar
- Sistema molt adaptable als diferents requeriments
- Lectura i gravació de dades pot ésser remota
- Temperatures de treball aproximadament entre -20 i 80°C

Conclusió: no recomanat, degut al rang de temperatures de treball



3.4.3. Sensors tipus NTC/PTC/Termoparells

- A cada sensor li cal un parell de cables
- Si es vol posar varis sensors, el nombre de cables pot arribar a ser molt molest i difícil de treballar-hi
- Tant la mesura com la gravació de dades pot ser digital



- En principi, no cal foradar, en funció del volum de cables
- Poden aparèixer problemes elèctrics i de corrosió, sobretot deguts a la humitat
- Cal un data logger amb tantes entrades com sensors
- La lectura pot ser remota, però el datalogger no massa

Conclusió: és una possibilitat

3.4.4. Sensors de fibra òptica FBG (Fiber Bragg Grating)

Fent recerca per Internet, s'ha vist aquest nou sistema que promet tenir molt de futur en el camp de la sensorització. Ja s'està utilitzant actualment per a control de temperatures i de tensions en estructures. Estan formats per una fibra òptica que incorpora un LASER amb una longitud d'ona de baix soroll i una òptica de Fabry-Perot. Cada canal òptic permet fins a 20 sensors. Aquest dispositiu es basa en les variacions que experimenta la reflectivitat de la fibra òptica en ésser sotmesa a diferents forces i temperatures.



El sistema permet posar molts sensors intercalats sobre una mateixa fibra òptica, multiplexant llur senyal, el què permet una identificació diferenciada de les dades de cada sensor. En tractar-se de senyals òptics i no tenir elements elèctrics permet de no tenir els problemes inherents als mateixos, com ara interferències i curtcircuits. A més, gràcies als materials de fabricació de la fibra òptica, es pot treballar a altes i baixes temperatures i no presentar tampoc problemes de corrosió.

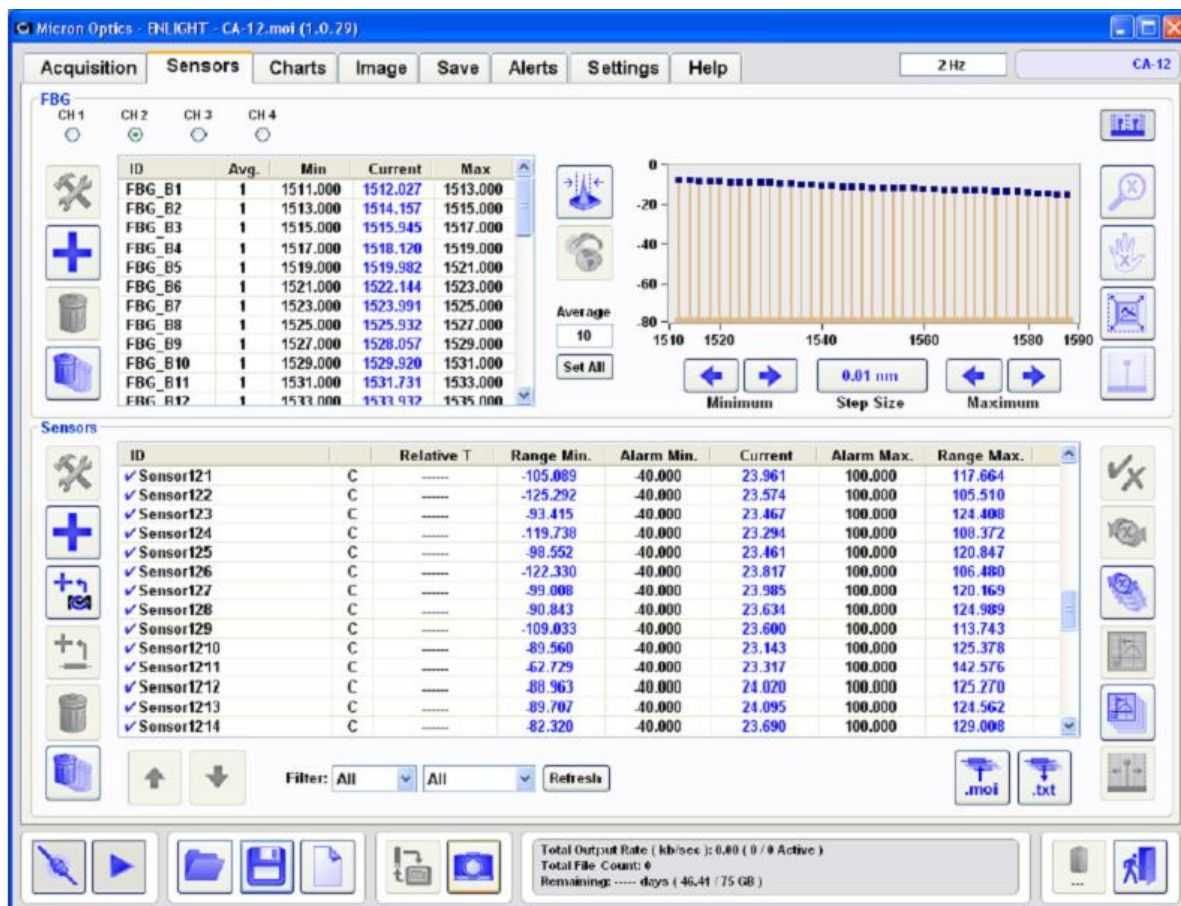
Conclusió: sistema molt aconsellable per les seves prestacions, i si bé és aconsellable per a instal·lacions de llarga durada, no ho és per a controls puntuals, en raó de l'elevat cost sobretot del seu sistema d'enregistrament de dades.

3.4.5. Decisió final: Sensors electrònics autònoms d'altres prestacions amb

enregistrament de dades incorporat

Finalment s'ha optat per realitzar el control mitjançant uns dispositius amb una electrònica d'altres prestacions, que permet de treballar a temperatures entre -40 i 140 °C, amb una resolució de 0.02°C.

Es tracta d'uns petits dispositius autònoms, basats en un sensor Pt-1000, de tipus termoparell, que permeten d'emmagatzemar fins a 16000 mesures. Es poden programar per a fer diferents mostreigs al llarg del temps, programar-ne l'inici i aturada, així com llur periodicitat. En acabar el cicle de mesures, es connecten a un PC amb el programari que adjunten, i se'n fa la descàrrega de les dades. A l'apèndix



Il·lustració 17-Exemple del programa propi dels sensors

se n'adjunten els certificats de calibració.

Donat que són uns equips amb unes característiques molt especials, el preu també n'és, doncs assoleix els 1500€ per cada dispositiu, més 420 dels elements de

comunicació i 990 del programari de programació dels dispositius i tractament de les dades obtingudes, impostos a banda. Finalment s'optà per llogar-ne quatre, amb un import de 210€ per setmana i unitat. Per tant, el cost per a l'empresa va estar solament el lloguer d'una setmana dels quatre sensors, és a dir, 840€. Comentar que, en el seu moment, l'IRTA ja va fer una valoració d'un control similar al que es vol dur a terme en 4500€.

3.5. Mètode operatiu als assaigs

El procediment utilitzat ha estat el d'aprofitar la operativa habitual de l'empresa, sense interferir-ne el funcionament per a fer diferents mesures amb diferents programes, productes i posicions dels sensors dins l'autoclau.

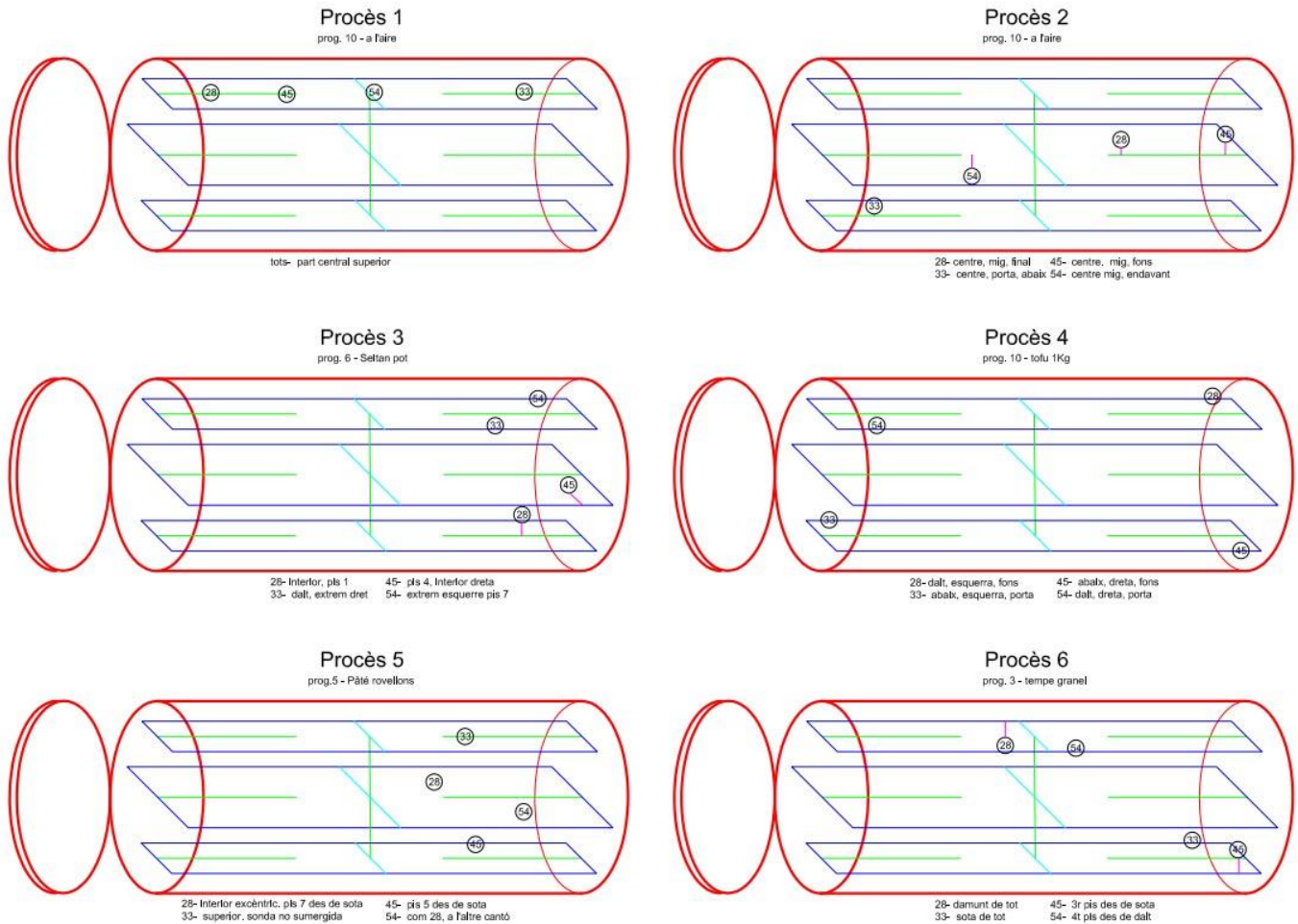
Per a poder controlar la situació dels sensors als diferents assaigs s'ha fet un esquema-plantilla que s'ha aplicat a cadascun.

Les característiques dels diferents assaigs varen ser:

Taula 3- Característiques dels diferents assaigs

Procés	Programa	Producte	Envasat	Format
1	10	a l'aire		
2	10	a l'aire		
3	6	Seitan	pot vidre	
4	10	Tofu	plàstic	1 Kg
5	5	Pâté rovellons	pot vidre	
6	3	tempe	plàstic	granel

En aquest esquema es pot veure la ubicació de cada sensor, identificat amb les dues xifres finals del nombre de sèrie; tres plataformes blaves que s'associen a tres nivells diferents, i la porta de l'autoclau com a referència.

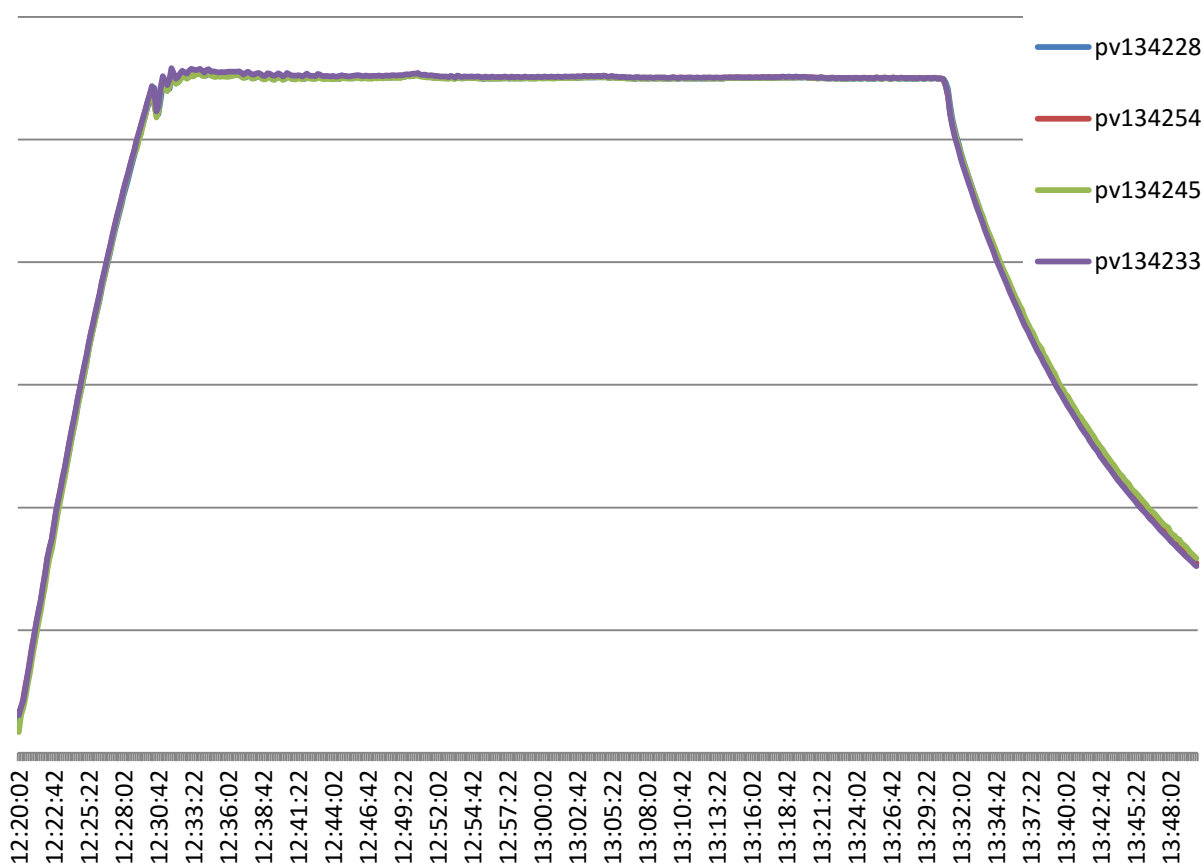


Il·lustració 18 - Situació dels sensors dins l'autoclau en fer els assaigs

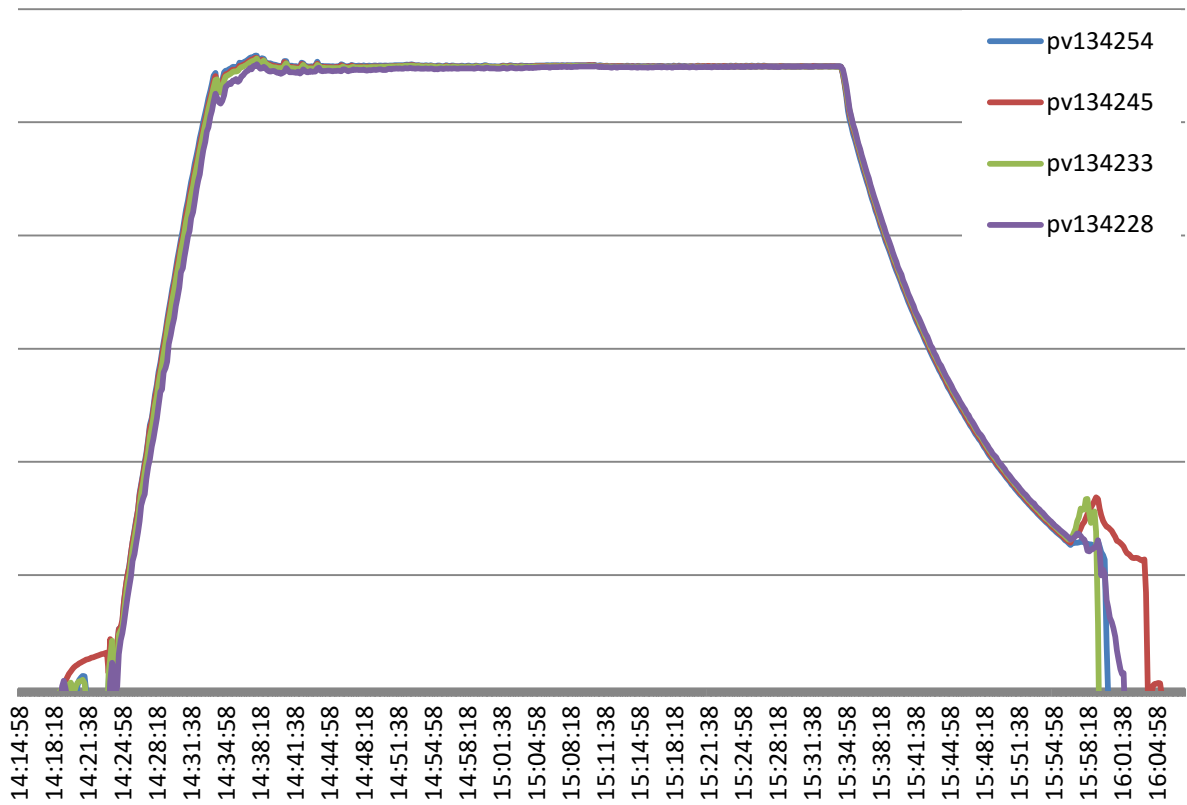
En els dos primers assaigs es va voler fer un assaig de la fiabilitat de la sonda de l'autoclau, així com de la possible estratificació de temperatures dins el mateix. Per aquest motiu, els sensors es varen deixar "a l'aire" a diferents ubicacions. En el cas del seitan de l'assaig 3, són dues peces posades dins un pot de vidre i amb aigua. Els sensors es varen ubicar entre les dues peces. En el cas del paté de rovellons, a l'assaig 5 es varen introduir dins el pot, i en els del tofu i tempe, assaigs 4 i 6, es va practicar una incisió a l'embolcall de plàstic, es varen introduir els sensors i es varen tornar a tancar els embolcalls amb cinta adhesiva. En tots els cassos es va intentar que l'extrem de la sonda es trobés el més al centre possible del producte.

3.6. Dades obtingudes

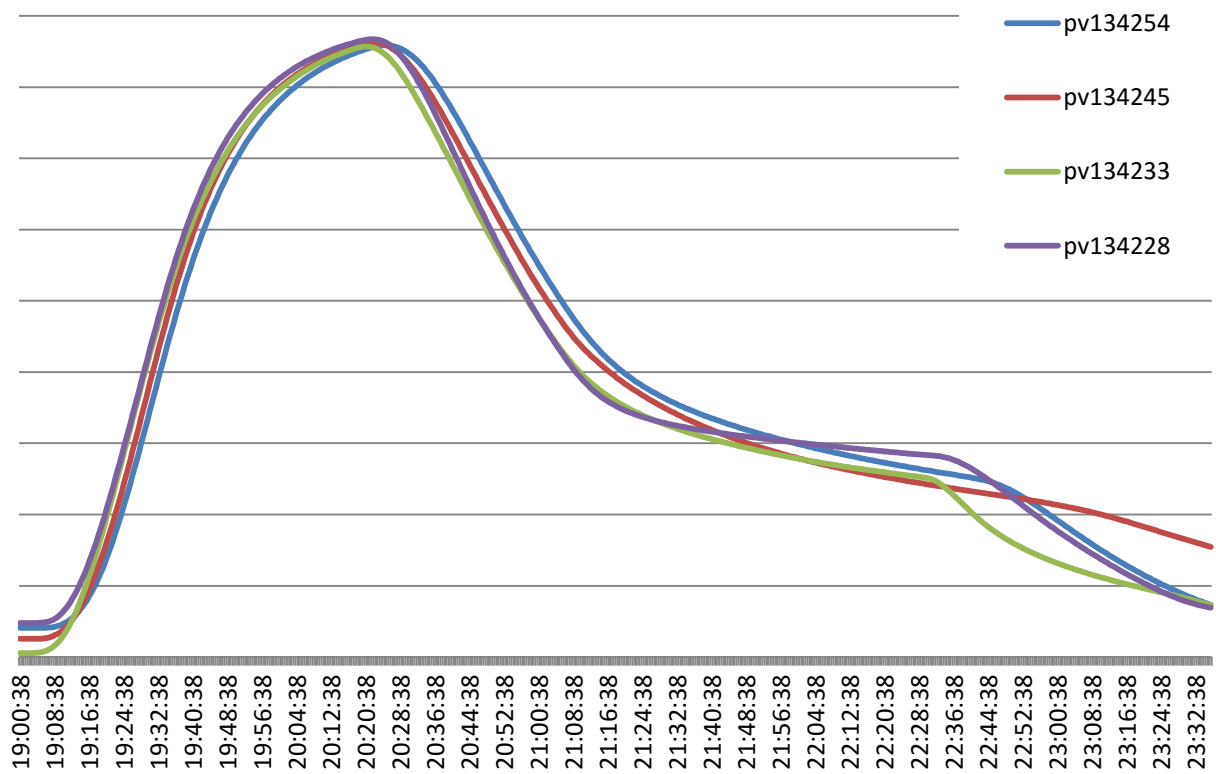
Les dades obtingudes es varen processar amb el propi programa de processat dels sensors. Malauradament aquest programa no permet sobreposar dades de sensors diferents. Per aquest motiu, es va optar per fer-ne una exportació a Microsoft Excel i fer-ne els gràfics sobreposats dels diferents sensors, per tal de poder comparar les dades. Les dades de temperatures associades no es proporcionen, com ja s'ha dit anteriorment, doncs es consideren part del know-how de l'empresa. A l'annex s'adjunten alguns dels resultats obtinguts, que es resumeixen en els següents gràfics:



Il·lustració 19- Gràfic dades assaig 1

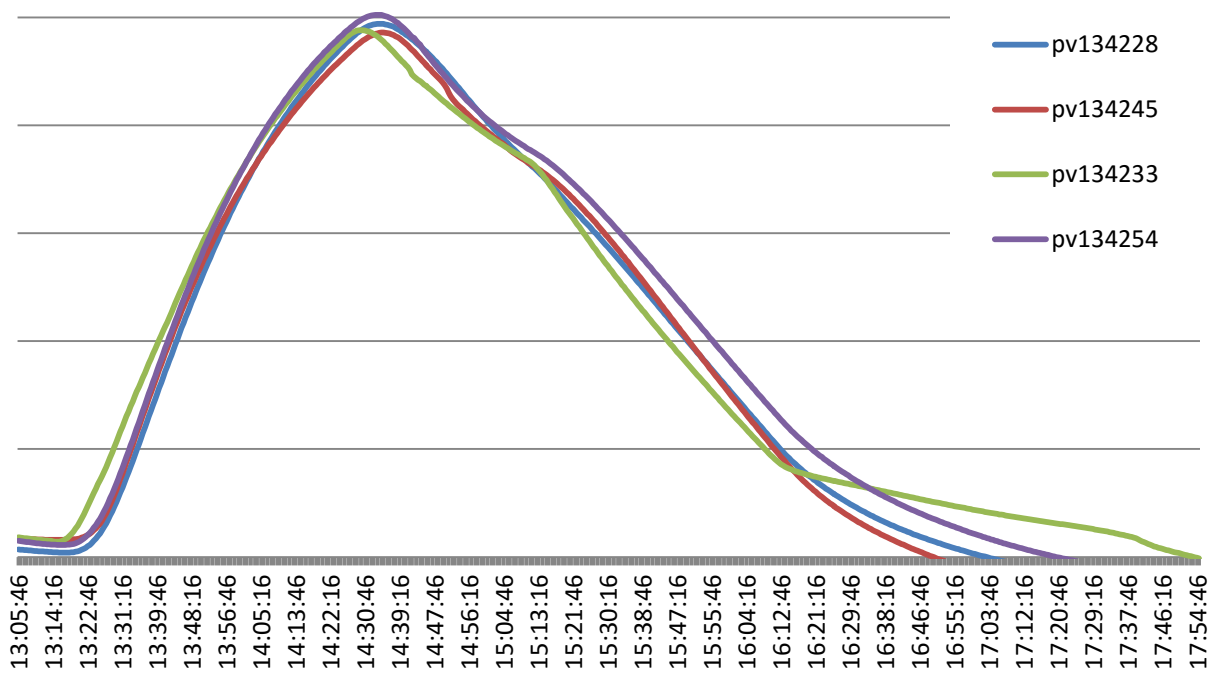


Il·lustració 20-Gràfic dades assaig 2

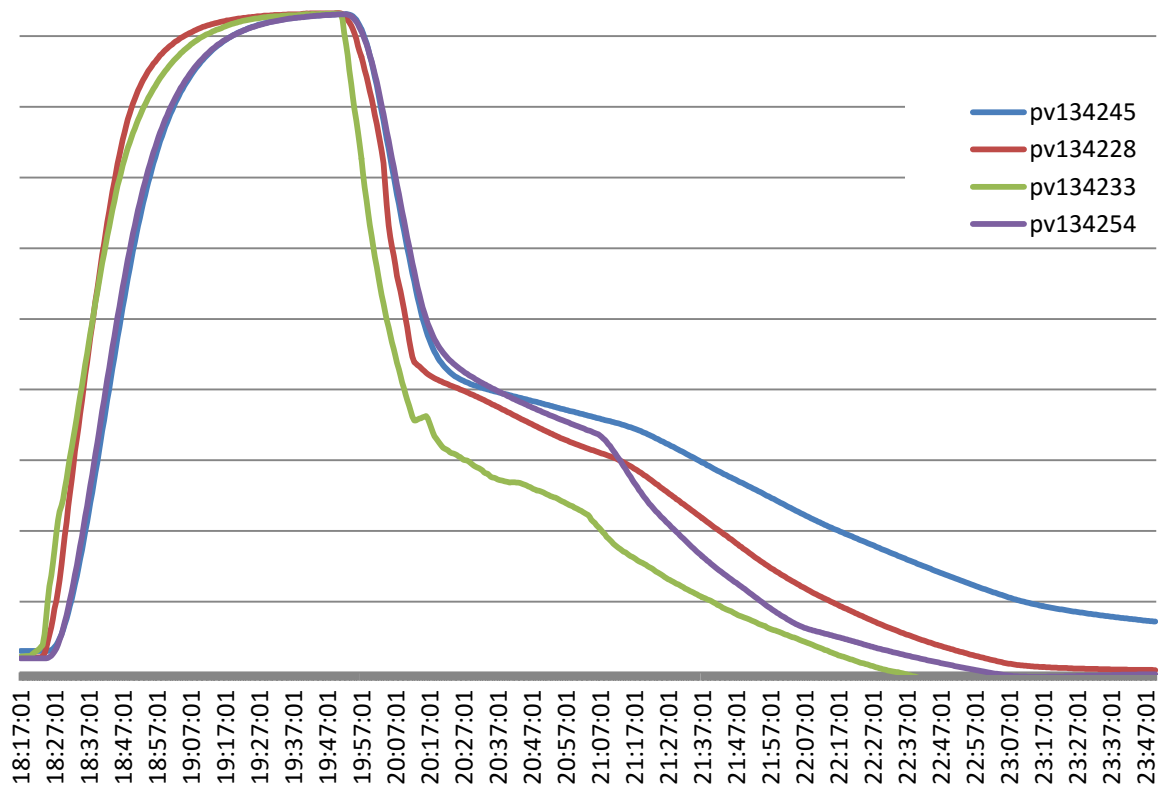


Il·lustració 21-Gràfic dades assaig 3

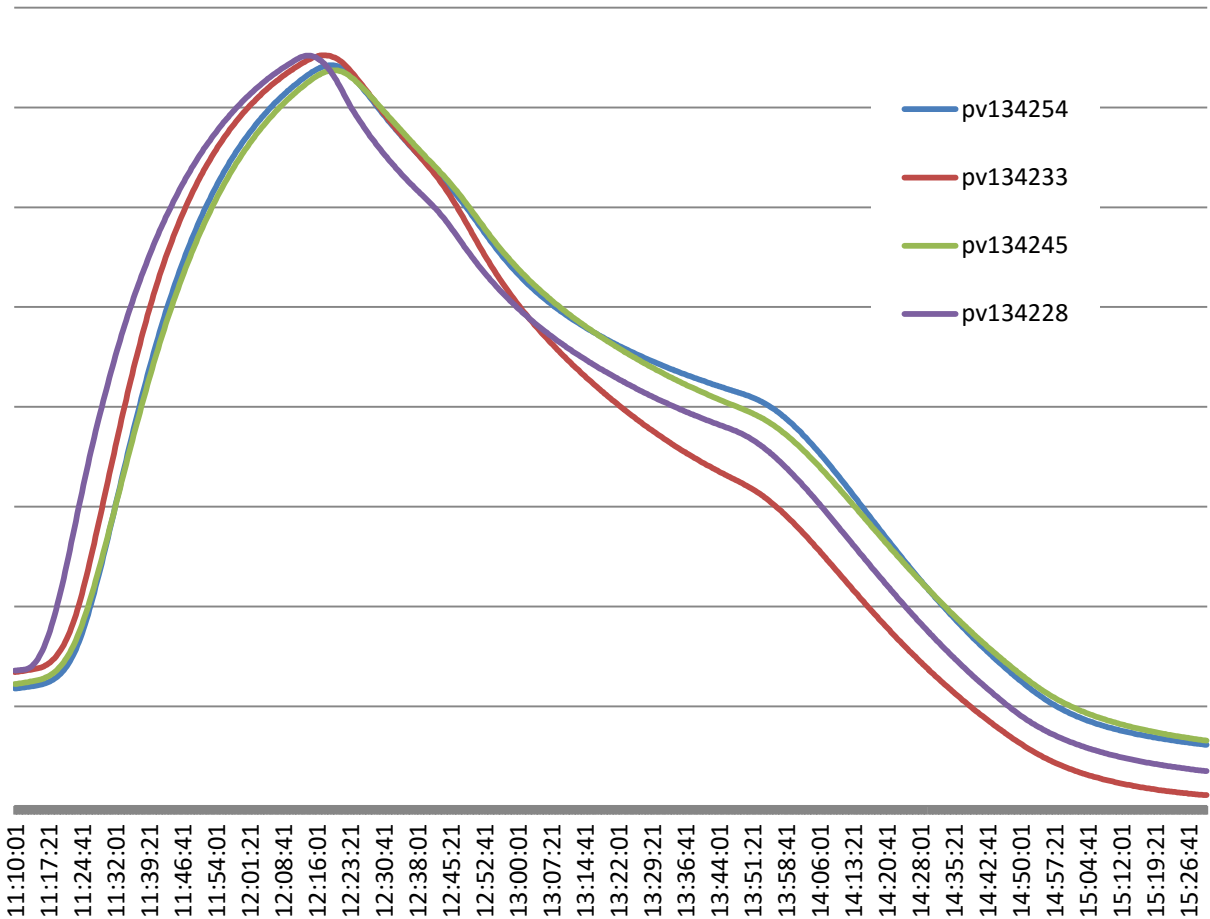




Il·lustració 22-Gràfic dades assaig 4



II-lustració 23-Gràfic dades assaig



II-lustració 24-Gràfic dades assaig 6

3.7. Interpretació dels resultats

- Primer assaig: tenim els sensors situats al llarg de l'autoclau en un mateix pla. Veiem que, tret d'una petita variació inicial entorn del mig grau, al llarg del programa les diferències es van fent més petites fins esdevenir insignificants. També en el procés de refredament veiem que les diferències són mínimes. Les petites diferències existents, sobretot a l'escalfament i refredament, per altra banda també poden ésser atribuïbles al fet que, donat que els sensors són situats just sota els ruixadors, siguin més o menys pròxims a un dels mateixos.
- Segon assaig: en aquest cas, els sensors són situats al llarg de l'eix longitudinal, en diferents plans d'alçada i amb diferents excentricitats respecte del mateix.

Succeeix com en el cas anterior. Unes petites diferències inicials que van disminuint fins a pràcticament desaparèixer. Hi ha una mica més de variabilitat al final del procés de refredament. Atribuïm aquesta variabilitat a que, en refredat per ruixat, en funció de l'exposició dels sensors respecte dels ruixadors i els corrents d'aigua freda, es produeixen diferències puntuals en el procés. De fet, la dinàmica observada té una certa correlació amb el nivell d'exposició dels sensors.

- Tercer assaig. El seitan es presenta en pot de vidra reomplert amb aigua. En aquest programa, la temperatura assoleix el 114°C programats però es veu que, mentre que l'autoclau manté aquesta temperatura durant 55', dins el producte amb prou feines s'arriba prop de la mateixa durant uns pocs minuts. Era un fet esperat, tot i que no deixa de ser remarcable la inèrcia tèrmica del producte. En el procés de refredament destaca el sensor 45, situat al final i en un costat de la plataforma central, que semblaria indicar que aquesta posició extrema podria presentar un petit defecte en la irrigació, ja sigui de forma puntual per la disposició del producte en aquest assaig o sistemàtic per algun altre motiu. De tota manera, aquest fet es produeix en el refredament, motiu pel què tampoc sembla tenir una importància excessiva.
- Quart assaig. El tofu es presenta en forma d'un bloc prismàtic rectangular allargat amb un gran volum interior. Els sensors són situats en posicions extremes de l'autoclau. S'observa una variabilitat mínima en la distribució de temperatures de l'escalfament. Com en el cas anterior, destaca també el sensor 45, amb un retard tant en l'escalfament com en el refredament. Mirant-ne la posició, es veu que es troba situat també en posició similar a l'assaig anterior. La reiteració en aquest fet sembla confirmar un defecte en el sistema d'irrigació d'aquella zona.

Un fet molt destacable, sobretot respecte de l'assaig anterior és la gran diferència en la temperatura màxima assolida. Mentre l'autoclau puja fins a 115°C, a l'interior del bloc de tofu amb prou feines s'assoleixen els 80°C. Aquest fet l'atribuïm a que, tot i tenir un elevat contingut d'aigua, com en el cas del seitan de l'assaig 3, la mateixa resta més confinada dins el producte, no

existent aigua lliure, com en el cas del seitan, fet que dificultaria molt més l'existència de corrents de convecció dins el producte, a més de que es tracta d'un bloc de dimensions superiors, provocant un major aïllament del calor dins el mateix.

- Assaig 5. El paté de rovellons es presenta dins un pot de vidre de poca capacitat, uns 100 ml. En aquest cas, l'autoclau s'omple només de forma parcial, restant tot el producte situat al fons i la resta roman buit. Veiem que la temperatura del producte arriba a assolir nivells propers als de l'autoclau. Es pot observar també que els sensors situats a la part més externa del carro, la més propera al centre de l'autoclau, el 28 i 45, són els que assoleixen abans la temperatura, i també els que baixen abans, possiblement degut a la més gran exposició a l'atmosfera de l'interior, mentre que el 54 resta més resguardat de les variacions, trigant més a acusar tant la pujada com la davallada de temperatura. El 33 resta més exposat a l'efecte de ruixat, i s'escalfa i refreda abans.

En general, els efectes experimentats semblen correspondre amb el què cabria esperar.

- Assaig 6. El tempe es presenta embolicat en plàstic amb forma més o menys cilíndrica. El seu volum és inferior al del tofu. El programa 3 assoleix els 80°C, i a l'interior del producte s'arriba als 75°C. La dinàmica tèrmica d'aquest assaig desconcerta una mica, donat que el sensor 33, més resguardat dins el volum de paquets triga més a pujar, fet que sembla coherent, però també es refreda abans, fet una mica inesperat. La resta de sensors també tenen un comportament fora de l'esperat, fenomen que no sabem explicar amb les dades de què es disposa.

3.8. Conclusions

Els assaigs, com ja s'ha dit, s'han realitzat dins la dinàmica de treball de l'empresa. Això no ha permès de vegades ser tot l'acurat que es voldria quant a posicionament i nombre dels sensors dins l'autoclau, emplenat del mateix, homogeneïtat del producte, etc. Donada la heterogeneïtat tant de productes com de programes i de factors (estratificació de temperatures, comportament del producte, analitzant llur

repetibilitat i reiteracions) que s'ha volgut controlar en tan poc temps, els resultats obtinguts no constitueixen potser una mostra estadísticament molt significativa. Aquest fet ha motivat que algunes de les conclusions siguin només provisionals, tot i que prou plausibles, pendents d'una verificació, la realització de la qual resta a criteri de l'empresa

- Tant la sonda com el control de temperatura de l'autoclau funcionen de manera adequada.
- En condicions de treball l'autoclau no presenta una distribució de temperatures gaire heterogènia, amb unes variacions que no afecten la fiabilitat del procés.
- El comportament tèrmic del producte pot arribar a diferir de forma notable de la corba de temperatures de l'autoclau.
- Aparentment, el comportament tèrmic del producte va lligat al seu volum, així com a la presència d'aigua lliure dins l'embalatge.
- Sembla que el comportament tèrmic del producte ve condicionat per la seva activitat d'aigua.

4. Caracterització prèvia del sistema de monitorització que es pretén implantar

4.1. Introducció i justificació del sistema

La monitorització adequada de la cadena de fred és un procés important dins tota empresa de producció i/o subministrament de productes alimentaris. No en va es dediquen ingents recursos als processos de, sobretot, refrigeració dels aliments per a garantir-ne no solament la seva integritat física, sinó la de les seves característiques organolèptiques. Ara bé, tots aquests recursos esmerçats poden quedar en no res si es trenca la cadena de fred, ni que sigui breument en algun dels seus punts. No es tracta només de refrigerar, sinó de garantir que el fred ha arribat allà on cal, i en quantitat suficient. Així, tan important com el subministrament de fred, ho és que es disposi de uniformitat en la distribució o, si més no, que la manca d'aquesta sigui controlada, de manera que no afecti el producte. L'estudi realitzat per (Cold chain maintaining in food trade, 2006) en els lineals, refrigeradors i congeladors d'establiments de productes alimentaris de diferents dimensions diferencia entre les temperatures mostrades per els termòmetres, la mesurada, i la existent a la superfície dels productes, així com entre diferents productes, i també relaciona aquestes dades amb la percepció dels clients d'aquests establiments, també en funció de les dimensions dels mateixos.

Molt del fins aquí expressat pel fred també és vàlid per a la calor, en quant a element bàsic per al control de microorganismes patògens en processos com ara la pasteurització, o senzillament com a element del procés d'elaboració de certs aliments

Com a empresa del ram alimentari, Vegetàlia també fa els controls legalment establerts però, a més dels preceptius, en el seu afany de garantir la qualitat del seu producte, vol anar més enllà i tenir un control total de la cadena del producte. Aquesta és la motivació per a proposar aquest nou sistema.

Per a la realització del present estudi, s'han establert dues línies d'actuació:

- Identificació de les necessitats de seguiment dels processos que impliquen el manteniment o assoliment dels productes alimentaris a temperatures baixes, les quals han de ser mantingudes per tal de poder garantir el manteniment de

les propietats tant organolèptiques com nutricionals, i de qualitat com de seguretat alimentària.

- Es vol fer la determinació del mètode i elements precisos per tal de poder fer el control i monitorització que ens permetin detectar si aquesta cadena de fred, que va de la producció al seu lliurament al client, s'ha trencat al llarg de l'itinerari.

Per a assolir aquests objectius, la proposta de l'empresa consisteix en:

1. La monitorització a distància del manteniment de la cadena de fred durant el transport.
1. L'establiment d'un sistema que en possibiliti el seguiment pels diferents responsables.
2. En cas que es produís una pujada anòmala que fes perillar el manteniment de la cadena de fred, es tractaria de implementar un sistema de avisos, per exemple, via telefonia mòbil GSM.

Per a realitzar la monitorització, es compta amb l'ajut dels sensors existents a les càmeres, i el seu data logger corresponent, mentre que a les furgonetes es tracta d'establir quin sistema de sensors seria el més adequat per a fer aquesta monitorització i sistema d'avís.

Per altra banda, aprofitant la connexió sense fils es tractaria d'aprofitar per a, mitjançant un receptor de GPS integrat al nou sistema, determinar la ubicació en temps real de la furgoneta.

En cas de disposar d'un sensor amb acceleròmetre a les furgonetes, es podria fer un seguiment dels instants i el temps durant el qual el vehicle es troba aturat. També seria interessant controlar l'estona que la porta del frigorífic està oberta i poder així relacionar aquest fet amb les pujades de temperatura enregistrades pel sistema.

En apartats precedents s'ha fet una anàlisi dels punts que, d'alguna manera, limiten la millora del control de la cadena de fred. Com a resultat d'això, s'estima que és millor establir un sistema que funcioni en paral·lel a l'actual, i que possibiliti la obtenció

d'aquest objectiu. A partir d'aquest punt, es presentaran les possibilitats de què es disposa, i quines característiques haurien d'assolir aquestes.

Arribats en aquest punt, s'ha de diferenciar entre els dos subsistemes que volem controlar:

- *cambres frigorífiques fixes*, situades dins les instal·lacions de l'empresa, que requeriran un tipus de solució
- *unitats mòbils*, representades en aquests moments per tres furgonetes i un furgó, els quals, possiblement, en tindran una de diferent

Per tal d'analitzar els requeriments de cada subsistema, farem un estudi per separat dels diferents processos que hem de tenir en compte a l'hora de fer-ne la valoració.

Aquests són:

- Mesura de les dades mitjançant sensors
- Transmissió de les dades
- Emmagatzematge de les dades en local
- Gestió i explotació de les dades
- Alarmes

4.2. Funcions del sistema

4.2.1. Mesura de les dades

El que identificarem com a "sensor" o "node sensor" són en realitat microcontroladors equipats amb transductors que mesuren els paràmetres desitjats i tenen capacitat per a guardar i/o enviar aquestes dades. Per tal de facilitar la seva instal·lació, el sensor hauria d'estar alimentat per bateries i comunicar-se sense fils. Donada l'aplicació que es tracta d'implementar, els paràmetres més interessants a mesurar serien els de temperatura i humitat ambiental dins els diferents espais que volem controlar, la posició via GPS en el cas de les unitats mòbils, i la llum també a les unitats mòbils per tal de detectar l'estona que la porta roman oberta en els processos de càrrega-descàrrega. Altres sensors podrien ser acceleròmetres, per tal d'informar de conduccions brusques, estat de moviment, etc. i de menys importants en el cas present, com ara els de pressió atmosfèrica, etilè, de concentracions d'oxigen i altres gasos, etc.



4.2.2. Transmissió de dades dels sensors al sistema d'enregistrament

Es refereix al sistema per mitjà del qual s'envia les dades recollides pels sensors a un sistema extern. Donat que tenim dos subsistemes, les furgonetes i les cambres frigorífiques, amb característiques diferents, en el cas de les darreres, seria una versió simplificada de les primeres, donat que no calen tants elements ni sensors.

Podem fer la transmissió de dades a través de:

- Sensor

El propi sensor pot disposar d'una interfície de ràdio amb dades mòbils com ara GPRS o SMS. Aquesta possibilitat encareix el sensor i redueix la durada de la seva bateria donat que són tecnologies no pensades per a aquest tipus de nodes. En el cas de les cambres no té gaire importància, però en el de les furgonetes sí, donat que no és tan senzill de substituir les bateries quan s'esgoten sense afectar el funcionament del sistema.

- Telèfon mòbil del conductor

Es tracta d'aprofitar el fet que el conductor porta un telèfon mòbil per utilitzar-lo per recollir les dades del sensor i enviar-les a l'exterior. Presenta l'inconvenient que la transmissió resta supeditada a la presència física del conductor, o almenys el seu mòbil, dins el vehicle. A més, obliga a proporcionar al conductor un mòbil amb un mínim de prestacions que poden suposar la compra d'un nou model de mòbil.

- Sistema de comunicacions mòbils instal·lat al vehicle

És la millor solució, en no dependre del conductor per a la seva gestió ni càrrega. Es basaria en un sistema encastat o un telèfon mòbil dedicat a aquesta funció. En ambdós casos l'alimentació la podria proporcionar el propi vehicle, i

caldria una targeta SIM (Subscriber Identity Module)) amb un contracte de dades.

- Sense transmissió de dades o amb transmissió limitada

Evidentment, d'aquesta manera ens estalviem un sistema amb un cert cost, però perdem la operativitat i, sobretot, la confiança i possibilitat de gestió del sistema de forma proactiva. En aquesta opció la transmissió de les dades restaria restringida a l'àmbit local, és a dir, al conductor a títol informatiu, o bé a l'accés a una xarxa WiFi que en permeti la connexió i transmissió. Aquesta darrera opció restringiria la funcionalitat completa del sistema a unes zones de cobertura molt concretes.



4.2.3. L'enregistrament de les dades en local

Es refereix al mitjà físic on recollim les dades enviades pels sensors, ja sigui per a la seva transmissió immediata, diferida o en acabar la ruta. En tractar-se de dades en format de text, el seu volum no serà molt gran i per tant no serà necessari un sistema de registre de massa capacitat. Les opcions serien:

- Al telèfon mòbil del conductor.

A més de l'esmentat en l'apartat anterior, ens caldria afegir una altra prestació que seria un sistema d'emmagatzematge, ja fos en tarja de memòria o al propi telèfon o a la seva SIM.

- A un sistema de comunicacions mòbils incorporat al vehicle

Tal i com s'ha comentat a l'apartat anterior es podria utilitzar un sistema encastat o un altre telèfon dedicat a aquesta funció i fer servir les seves capacitats per a guardar informació.

- Al propi dispositiu sensor

Alguns dispositius disposen de memòria no volàtil per a guardar dades o pot afegir-s'hi com un complement. Això suposa un increment de prestacions i per tant de preu. També caldria veure si això suposaria un increment en el seu consum el que podria repercutir en una menor durada de la bateria.

4.2.4. Sistema de gestió i explotació de les dades

Un cop tenim les dades recollides i enregistrades, si optem per la solució de la monitorització remota online, ens caldrà una interfície des d'on l'usuari pugui visualitzar les mateixes, o rebre les alertes per a poder prendre la decisió pertinent o, senzillament, per a estar-ne amatent o informat. Bàsicament es tractarà d'una bases de dades amb una interfície Web amb tot un seguit d'eines per donar d'alta i de baixa vehicles, mostrar les dades en temps real, veure històrics,... A partir d'ara i per simplificar anomenarem a aquest sistema "Web". Podem construir-lo de diferents maneres:

- Pàgina web externa

Caldria contractar un servei de hosting per a disposar d'un servidor extern on poder introduir, consultar i gestionar tota la informació. Caldria configurar mètodes per a restringir l'accés al sistema a personal autoritzat donat qu'elles dades que hi figuren són sensibles. Caldria triar un servei de hosting de qualitat amb un servei d'atenció, backups i eines per evitar i/o minimitzar atacs informàtics.

- Integrada a la Web actual

Es tractaria d'aprofitar la Web actual expandint-la amb una intranet que acomplís amb tot les funcionalitats esmentades per l'opció anterior. Caldria veure la flexibilitat del servei de hosting per acomplir-les i valorar a quin preu s'aconseguirien i comparar-les amb el d'un altre servei dedicat a aquesta funció.



4.2.5. Alarmes

Una de les missions principals d'aquest sistema és que, no solament realitzi la monitorització, sinó també l'establiment d'un sistema d'alertes que avisin els responsables de la cadena de fred i els seus supervisors de l'existència de qualsevol anomalia que faci que s'hagin ultrapassat uns valors límit prefixats. Les opcions que es contempen són:

- Enviades per SMS a les persones que es concreti

Un cop el sistema detecta una situació de risc, s'envia un missatge via SMS a qui s'hagi designat, a fi que pugui emprendre les actuacions pertinents. El fet de desvincular de les dades proporciona més robustesa al sistema, doncs disposen d'una via de comunicació addicional i, normalment, amb uns requeriments de transmissió diferents dels de la via de dades.

- Enviades per correu electrònic a les persones que es concreti

En cas d'alerta, s'envia un missatge via correu electrònic als supervisors del sistema. En aquest cas, la via de transmissió són les dades

- Publicades a la pàgina web

La publicació de les dades a la web pot donar informació a qui la segueixi de forma continuada, fet que no s'acostuma a produir. És una possibilitat més, però en cap cas hauria de ser la principal

- Qualsevol combinació de les anteriors

Evidentment, en un cas com aquest, on totes les precaucions són poques, com més sistemes disposem per a donar una alerta, millor, per tant com a mínim hauríem de disposar de l'alerta per SMS, donat que la tecnologia que demanda (GSM o GPRS) és la que té millor cobertura, no necessita contracte de dades, qualsevol telèfon el pot rebre i a més és un servei amb lliurament garantit.



4.3. Lògica de la tramesa de les dades dels sensors al sistema d'enregistrament

En aquest apartat, tractarem de quin patró utilitzar per a realitzar la transmissió de les dades mesurades pel sensor envers el sistema d'enregistrament, així com la seva posterior emissió envers al núvol o l'enviament de SMS. Les opcions proposades són:

- De forma pautada a intervals de temps predeterminats

És la forma potser més senzilla. Es fixa un interval de temps, transcorregut el qual s'efectua una nova mesura transmissió de dades. No permet interacció remota i presenta un consum constant de bateria per a fer la transmissió de forma periòdica respecte a la inducció remota o la superació de llindars que es

comenten a continuació. A menor periodicitat en les mesures, major consum, donat que els períodes de transmissió són relativament elevats.

- Només en sobrepassar-se certs límits prefixats

El sensor, a més que ha d'estar permanentment mesurant per tal de poder detectar quan s'ultrapassen aquests valors. A nivell de consum això no és un problema perquè el mesurar és molt menys costós que transmetre. Per tant, com se suposa que normalment no se superen els límits predefinits el sistema seria energèticament més eficient.

- Induïda remotament

Exigeix un sistema de transmissió més complex que aprofitaria que les xarxes de comunicacions mòbils permeten una comunicació bidireccional. Només quan es rebés l'ordre transmetre dades s'ordenaria al sensor la seva tramesa. Aquesta opció, per sí sola no ens garanteix una detecció de la superació de paràmetres crítics, motiu pel qual s'haurà d'utilitzar en combinació amb una altra opció

- Una combinació de les anteriors.

Podem fer una combinació que contempli la transmissió a intervals i que, a més, si abans de transcorregut un interval de transmissió determinat s'ultrapassen uns valors límit prefixats, faci una transmissió d'alerta. Així mateix, també es podria induir una transmissió de forma remota, en cas de voler prendre una lectura sense haver d'esperar una transmissió espontània. Aquest sistema podria ser només a nivell de transmissió, existint per sota una lectura del sensor a intervals més curts, però sense transmetre totes les dades, o bé una mesura induïda remotament, que fes prendre una nova mesura al sensor, amb independència de la freqüència preestablerta

- Descarregada en arribar a Vegetàlia

En arribar el vehicle al final de la ruta, les dades recollides es poden descarregar al servidor per a la seva gestió. Aquesta descàrrega es podria fer de dues maneres:

- De forma manual

En arribar al final de la ruta, el conductor pot descarregar totes o part de les dades al servidor, ja sigui per connexió física o sense fils. Aquest sistema seria l'utilitzat actualment, segons hem vist a l'apartat corresponent

- De forma automàtica.

S'aconseguiria amb un mecanisme que detectes que el vehicle ha arribat a Vegetàlia. Aquesta detecció es podria fer per detecció de la WiFi de l'empresa, i/o per posicionament GPS

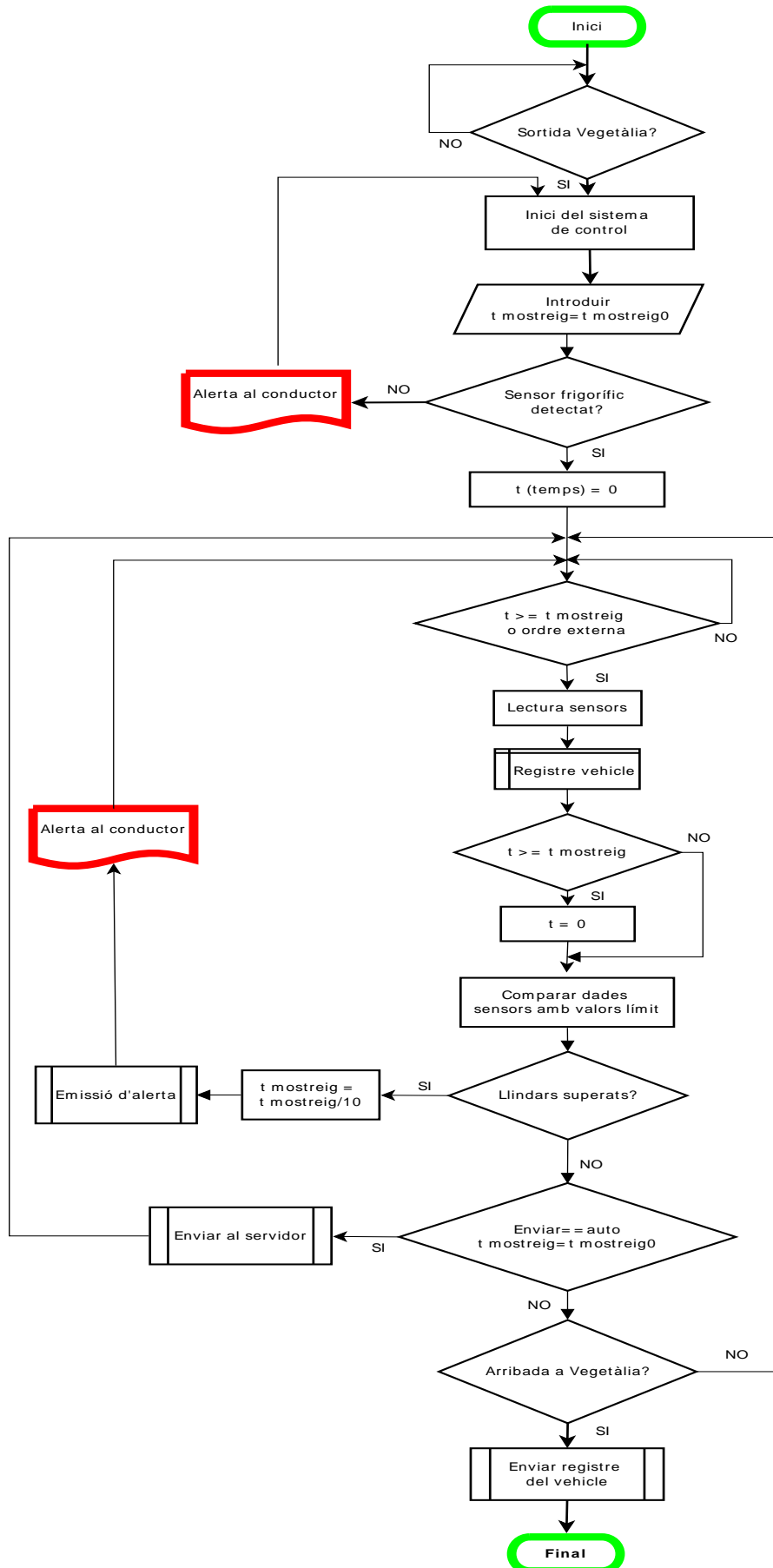
4.4. Esquema funcional de control de la cadena de fred als vehicles

En principi, el sistema de monitorització més complex es preveu que sigui el corresponent al de les furgonetes, donat que el de les cambres no deixa de ser una versió simplificada d'aquell. A continuació es presenta una opció d'esquema de funcionament referit al cas de les furgonetes. El propòsit d'aquest esquema és que ens serveixi com a punt d'inici per a implementar la lògica del programari que hauria de controlar els diferents sistemes.

En aquest quadre de flux, es pressuposa que s'ha establert una lògica que detecta tant la sortida com l'arribada del vehicle a Vegetàlia i activa i desactiva el sistema en funció d'aquesta detecció. Com s'ha comentat, aquesta lògica podria estar basada la detecció d'un senyal WiFi de l'empresa. Al moll de càrrega existeix cobertura i, en perdre-la, activaria tot el sistema. D'aquesta manera, s'allibera el conductor de feines addicionals, així com del perill que se n'oblidés. La monitorització en ruta es suposa basada en realitzar una lectura temporitzada automàtica prèviament programada, i la transmissió de les seves dades associades, tot oferint la possibilitat de fer lectures per intervenció externa. De forma automatitzada també, es realitzaria la lectura i interpretació de les dades dels sensors, per tal de detectar qualsevol valor que ultrapassi els límit prefixat i, en el seu cas, enviar la corresponent alarma. En cas d'alarma s'estableix també que la freqüència de les mesures s'incrementa en un factor de 10, per tal de poder fer un seguiment més acurat de l'evolució de la incidència fins que es restableixen els valors normals.

Igualment que a la sortida, en tornar el vehicle a Vegetàlia en detectaria l'arribada i activaria el sistema, aquest cop per a realitzar la descàrrega de les dades emmagatzemades a la memòria del sistema o a una tarja de memòria i, un cop realitzada, aturar el procés.

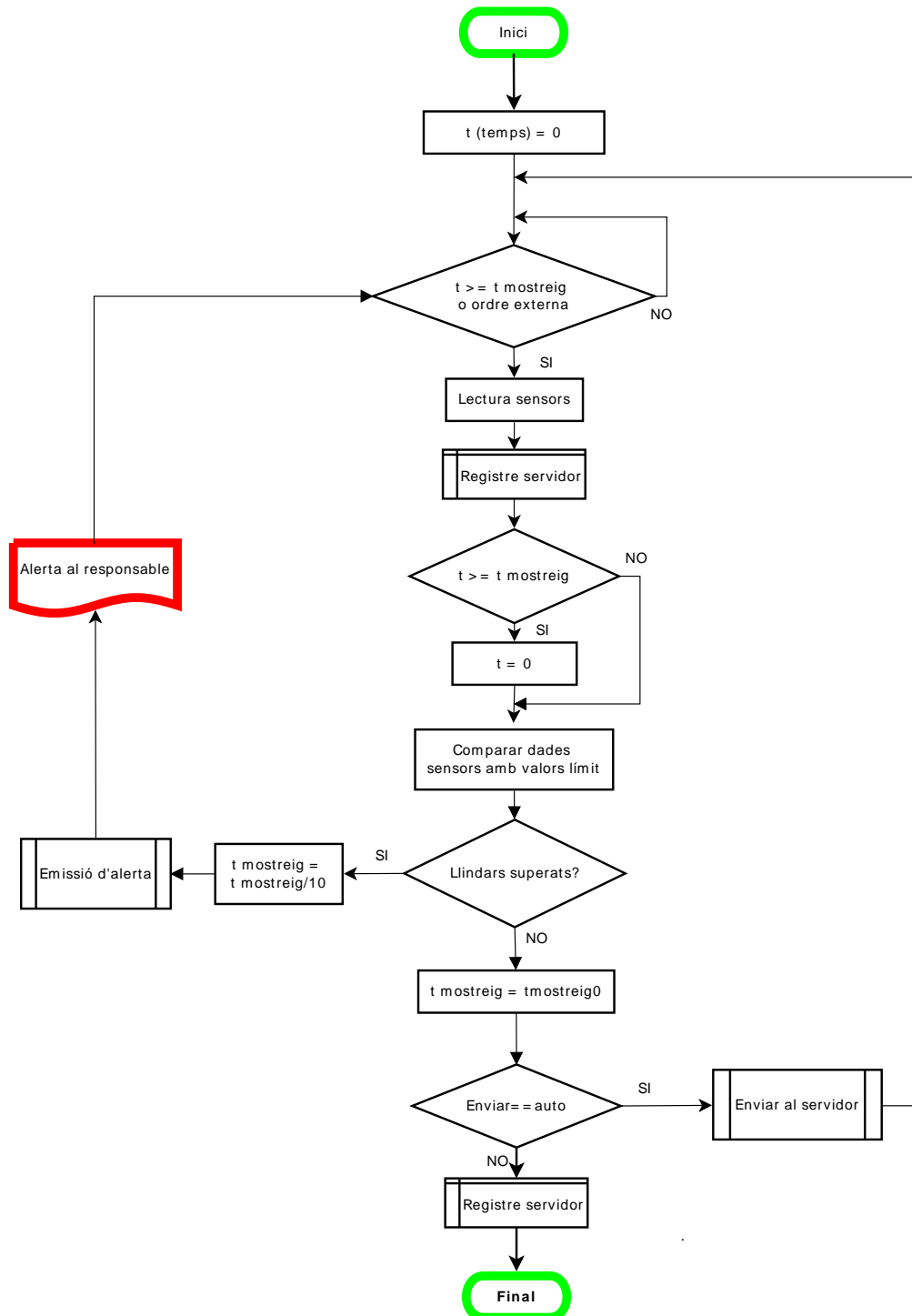
D'aquesta manera, es disposaria d'un historial complet de tot el recorregut i les dades associades al mateix, independentment de si s'han pogut transmetre, o no. Aquestes dades són les que s'emmagatzemarien al servidor de Vegetàlia de forma automatitzada en arribar.



Il·lustració 25- Esquema funcional de control de la cadena de fred als vehicles

4.5. Esquema funcional de control de la cadena de fred a les cambres frigorífiques

A funcional de les cambres de fred o de calor és molt similar al de les furgonetes, però més senzill, donat que no ens cal la part de verificació de detecció del sensor i avís al conductor. Seria el que segueix:



Il·lustració 26-Esquema funcional de control de la cadena de fred a les cambres frigorífiques

5. Criteris i selecció de tecnologies per a implementar el nou sistema

A partir del disseny presentat en el capítol anterior, en el present capítol es fa una llista de requisits i una selecció de tecnologies candidates per a implementar aquest disseny.

5.1. Recerca prèvia

Com a primer pas per a aquest treball, i de forma paral·lela a la visita a les instal·lacions s'ha procedit a una recerca de caire bibliogràfic, per part de veure precedents del sistema que es pretén implantar.

Com a primera aproximació s'ha estudiat el sistema existent, amb el Data logger Eliwell. Aquest dispositiu és prou útil, un cop connectat a la xarxa local, per a fer un sistema d'alertes com el què es pretén implantar per, a través de la mateixa, sortir a Internet i poder fer una comunicació més oberta a partir de, per exemple, una pàgina Web amb l'accés degudament restringit. No és així en el cas de les furgonetes donat que, en tractar-se d'elements mòbils, la comunicació ha de ser forçosament sense fils, i amb connexió a un sistema que permeti un ampli abast geogràfic. És clar que, per a aconseguir aquest propòsit, s'haurà de cercar algun altre sistema.

El cas és que ha costat de trobar ressenyes pràctiques de sistemes aplicats que poguessin orientar la recerca, romanent molts d'ells en l'àmbit de l'estudi de models predictius, la implantació de grans sistemes de seguiment d'abast global o a estudis teòrics, tots els quals de ben poc serveixen a l'àmbit d'aquest treball (A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and Current Trends, 2009) (Applying back propagation network to cold chain temperature monitoring, 2011). Efectivament, es tracta de l'estudi d'una implantació pràctica, amb un cost ajustat, i amb uns requeriments limitats en quant a prestacions, doncs no tractem de fer un estudi per a una gran xarxa que pot créixer "ad infinitum", sinó d'una xarxa molt limitada de vehicles i instal·lacions, de on volem controlar la cadena de fred, proporcionant als responsables de la mateixa una eina que els permeti fer-ne un control a l'instant i detectar qualsevol anomalia fora d'uns paràmetres

prefixats. Per aquest motiu, apareixen alguns títols a l'apartat corresponent de "Bibliografia", però que no han permès aportar gaire informació al respecte.

L'escassa informació d'instal·lacions amb característiques similars, potser vingui del fet que en certs casos no interessi, a nivell tècnic, de fer-ne divulgació, per tal d'evitar una pèrdua d'informació de l'empresa que l'ha desenvolupada, o bé degut a la manca de "vistositat" de les instal·lacions de magnitud inferior, encara que molts cops siguin precisament aquestes les que mouen un volum més gran en aquestes tecnologies, amb respecte al seu volum de facturació.

Una ponència curta, però interessant, és la exposada per (Cold Chain Management using an Ultra Low Power Wireless Sensor Network, June 6, 2004), on ens explica a grans trets un sistema similar al què ens ocupa. També és interessant el plantejament, si bé a nivell teòric, presentat a (A Bluetooth-Smart Insulating Container for Cold-Chain Logistics, December 16-18, 2013.)

S'ha decidit de limitar la recerca als sistemes de sensorització i comunicació, deixant de banda com implementar el servidor Web. Les necessitats d'aquesta part del sistema són molt genèriques (base de dades, interfície Web de gestió i accés segur) i poden ser cobertes per moltes solucions existents al mercat com ara el sistema LAMP (Linux Apache MySQL Python) que ofereixen molts serveis de hosting.

5.2. Requeriments

Com a primer pas per a trobar una solució adequada a la problemàtica plantejada, es va endegar una recerca per Internet, destinada a localitzar sistemes de sensors, i tecnologies de transmissió que compleixin amb els requeriments, amb la finalitat de definir els paràmetres que haurien d'acomplir els dispositius que haurien d'integrar. Aquests requeriments serien:

5.2.1. Sensors

El sensor és l'element bàsic de la cadena. És el que mesura les dades físiques i les transforma en senyals analògics o digitals, en funció del tipus emprat. Un cop mesurades, les ha de lliurar a un sistema que s'encarrega de fer-les arribar a un sistema de transmissió. Com a paràmetres crítics cal destacar: alimentació per bateries i comunicació amb una tecnologia sense fils per a facilitar la seva col·locació tan als

vehicles com a les cambres frigorífiques. En aquest apartat contemplarem tant el sensor en sí, com l'element de transmissió fins el sistema encastat i/o telèfon.

5.2.1.1. Rang de temperatures de funcionament del sistema entre -30 i 140 °C.

Aquest és un dels punts crítics, donat que l'electrònica habitualment disponible no permet de treballar gaire més amunt dels 70-80 °C. Cap avall no és tan crítica, tot i que a partir dels -20°C hi ha equips que comencen a presentar problemes. En aquest sentit, cal destacar que els valors de temperatura de treball són, per a les cambres frigorífiques-sala d'etiquetat entre els 0 a 12°C, congelador -21°C, i autoclau i pasteuritzador entre 80 i 130°C. En el cas de les furgonetes, el rang és entre 0 i 4°C.

5.2.1.2. Tipus de sensors a utilitzar

En funció del tipus de paràmetres a mesurar podem utilitzar diferents tipus de sensors. En aquest projecte poden ser interessants dels sensors que mesurin.

5.2.1.2.1 Temperatura

Poden ser d'ambient o remots, per lectura infraroja. Els primers ens poden servir per a mesurar la temperatura existent en el compartiment. Els d'infraroig ens mesuren temperatures d'objectes que, en ser temperatures superficials, no ens aporten massa informació, a no ser que siguin adequadament col·locats amb un criteri preestablert. De forma indirecta, però, ens poden llegir la temperatura de l'aire circulant. D'aquesta manera, donat que quan s'obre una porta o s'engega un ventilador, la temperatura del mateix oscil·la de forma sobtada i irregular fins a recuperar el règim estacionari quan para el moviment d'aire, ens alertaria d'aquesta pertorbació de l'aire.

5.2.1.2.2 Humitat

La informació de la humitat, tot i que menys important que la temperatura, sobretot en transports de curta durada, és una bona informació per a tenir en compte en certs productes. Com és freqüent que els sensors de temperatura i humitat es trobin junts en un mateix dispositiu sensor tampoc parlem d'una implementació a part.

5.2.1.2.3 Acceleròmetre

Tot i que no imprescindible, sí que ens pot proporcionar informació qualitativa, com ara el tipus de conducció realitzada, moments i durada de les aturades, podent llavors

relacionar devolucions de productes trencats o en mal estat amb la conducció, per exemple.

5.2.1.2.4 *GPS*

Ens proporciona el posicionament del vehicle en cada moment i la seva velocitat. Això ens permet situar-lo respecte de la ruta, durada del trajecte, aturades, etc. , que poden col·laborar a la implementació de millores logístiques, com ara la optimització de recorreguts, d'horaris, etc. Si es transmeten en temps real els valors que proporciona, també poden vincular-se a un sistema de representació sobre un mapa com ara Google Maps, per tal de saber la situació del vehicle en cada moment. És un sensor que es pot implementar de forma independent, o bé utilitzar l'existent al telèfon mòbil, en cas d'utilitzar aquest dispositiu.

5.2.1.2.5 *Llum*

En el cas de les cambres frigorífiques, ens pot informar de l'estona que està oberta la llum, tant per a gestió energètica, com per a controlar la influència d'alguns tipus de llum en certs productes. En el cas de les furgonetes, ens pot informar de l'estona que la porta es troba oberta, podent llavors relacionar aquesta dada amb una pujada de temperatures.

5.2.1.2.6 *Altres*

Existeixen molts tipus de sensors, com ara mesuradors d'etilè per a controlar l'estat de maduritat dels fruits, de poca utilitat per a nosaltres, en tractar-se de producte majoritàriament envasat, d'oxigen, de diòxid de carboni, magnetòmetres, etc, però que no tenen, en principi, un excessiu interès en l'àmbit d'aquest projecte.

5.2.1.3. Sistema de transmissió de les dades dels sensors

El dispositiu sensor és el que mesura les dades, però aquestes han de ser retransmeses per tal de gestionar-les. En aquest apartat, destinat a fer de nexa entre el sensor i el sistema de retransmissió remota, tenim diferents tecnologies, totes elles necessàriament sense fils, cadascuna amb els seus avantatges i inconvenients. Podem esmentar entre les més esteses:

- WiFi
- Bluetooth
- Bluetooth Low Energy (BLE)
- 6LowPAN/Zig Bee, basades en IEEE802.15.4

Es podrien afegir tecnologies amb prestacions més orientades a la indústria i també de cost més elevat com són WirelessHART, ISA 100.11a, o 6TISCH, totes tres també basades en l'estàndard IEEE802.15.4.

En el cas dels vehicles, BLE parteix amb avantatge perquè és una tecnologia integrada als telèfons mòbils de darrera generació el que facilitaria la transmissió sensor telèfon i del telèfon al servidor Web. BLE consumeix menys que el Bluetooth estàndard, i molt menys que WiFi, el que allargaria la vida del sensor. Les tecnologies basades en IEEE802.15.4 també tenen consums molt baixos però no estan integrades als telèfons mòbils. Això obligaria a disposar d'un dispositiu amb una electrònica addicional per a comunicar-se amb els sensors.

En el cas de les cambres frigorífiques, la tecnologia que presenta més avantatges és WiFi. El motiu es simple, un sensor amb WiFi pot enviar les dades a través de les xarxes WiFi ja existents a Vegetàlia cap al servidor Web, sense necessitat d'adquirir i instal·lar més elements. Com a contrapartida, caldrà comprar un adaptador a la xarxa elèctrica o canviar les bateries més sovint que si s'hagués optat per BLE o una tecnologia IEEE802.15.4.

Altres aspectes claus a l'hora de triar la tecnologia de comunicació són i el seu abast i velocitat de transmissió de dades. No serà crítica la velocitat de transmissió donat que tant el volum de dades que es vol enviar, com la periodicitat d'enviament serà baix.

Respecte a l'abast caldrà comprovar-lo en l'escenari d'utilització, independentment dels valors teòrics de cada tecnologia i producte en concret que ens poden servir d'orientació per a fer la tria.

Una altra dada a tenir en compte és que la durada de les bateries s'escurça de forma notable amb les temperatures baixes, com manifesta entre d'altres l'estudi de (Performance of ZigBee-Based wireless sensor nodes for real-time monitoring of fruit logistics, 2008), on dedueix de forma experimental que la durada d'unes bateries tipus AA a 0°C és la meitat que a 20°C.

Un cop obtingudes les dades en el dispositiu sensor, i reenviades al transmissor "proper", el següent pas és el de transmetre-les a un altre sistema remot, capaç de gestionar-les. En el cas dels vehicles, aquest element transmissor també hauria

d'utilitzar una tecnologia sense fils amb una àmplia cobertura. Això porta obligatòriament a contractar un servei de dades (2G/3G/4G) a un operador de comunicacions mòbils.

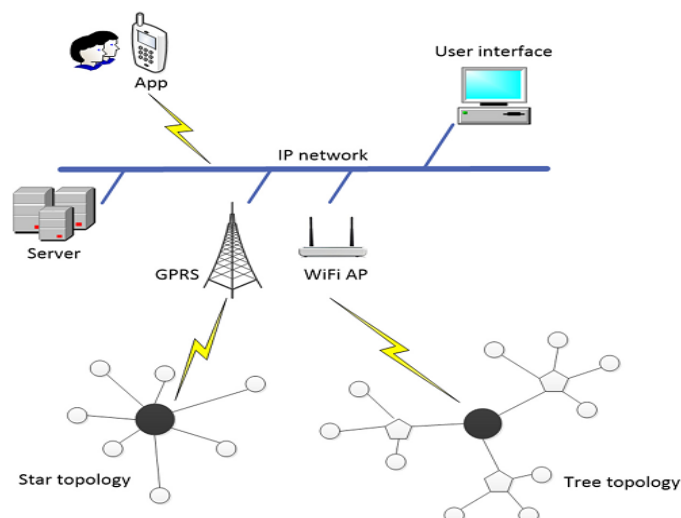
En el cas de les cambres frigorífiques la xarxa WiFi està connectada a la LAN de l'empresa i aquesta a Internet. Per tant, el sensor mateix podria enviar les dades al servidor extern via WiFi i a través de l'AP.

5.2.1.4. Necessitat d'organització en forma de xarxa de sensors

Els nodes sensors, en funció també de la seva tecnologia, es poden habilitar per a interactuar entre ells, formant el que es coneix com una xarxa de sensors (WSN, Wireless Sensor Network).

Abans de decidir la tecnologia, haurem de fixar-nos en el tipus d'estructura que volem donar-li a la nostra xarxa. Les tres principals topologies possibles, ordenades de menor a major complexitat tècnica són:

- *Estrella*: els diferents sensor es comuniquen amb un centre emissor o *node*, mitjançant una estructura d'un sol nivell
- *Arbre*: Vindria a ser com l'anterior, però afegint un o varis nous nivells, amb el què tindriem un sistema de dos o més nivells jeràrquicament ordenats al voltant d'un node central
- *Mesh o mallada*: En aquest tipus de topologia, els nodes tenen una disposició en forma de malla, sense que existeixi una preponderància clara d'uns nodes respecte dels altres



Il·lustració 27: Estructura general d'una xarxa (Wireless sensor network for real-time perishable food supply chain management,

En el cas present no es preveu que calgui una interacció entre sensors, ni tampoc definir xarxes mallades o en forma d'arbre donat que cada sensor podrà enviar les dades directament a un node que les podrà guardar i/o enviar a un servidor Web. Aquest node serà el centre d'una topologia d'estrella, constituït per un telèfon mòbil o un sistema encastat als vehicles. Aquesta topologia es suportada de manera natural entre d'altres tecnologies, per BLE.

A les cambres frigorífiques, aquest element serà un AP WiFi que serà punt de pas per arribar al servidor Web

Així doncs, atenent a aquest paràmetre, BLE i WiFi segueixen sent les opcions més adequades per cada cas.

5.2.1.5. Comparativa de prestacions

A continuació es presenta un quadre comparatiu de les diferents tecnologies sense fils que s'han considerat en el present treball. Podem veure que existeixen considerables diferències entre els diferents paràmetres considerats.

Tecnologia	Zigbee / 6LowPAN	Bluetooth	Wi-Fi		BLE
Standard	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1	802.11a/b/g/n/ac	IEEE 802.11ah*	
Banda de freqüència	868/915MHz; 2.4GHz	2.4 GHz	2.4GHz; 5GHz	Sub-1 GHz	2.4 GHz
Velocitat de transmissió	250kbps	1 Mbps 1-200 kbps	1Mbps-1 Gbps	0.65 - 7.8 Mbps	1Mbps
Abast típic	10-100 m	10 -30 m	100 m	100 - 1000 m	10 -30 m
Potència TX	(-25)-0 dBm	0 a 10 dBm	20 dBm	0 dBm	(-20)-10 dBm
Nombre canals	1/10; 16	79	14(2.4GHz)	4,2 (868 MHz band)	
Nombre de nodes	>65000	8	ilimitat		8

*IEEE802.11ah està en fase d'estandardització. De moment no hi ha productes al mercat i en cas d'haver-n'hi no podrien ser utilitzats amb la xarxa WiFi de l'empresa perquè tal com s'ha comentat no suporten aquesta certificació.

Il·lustració 28- Quadre comparatiu de diferents tecnologies sense fils

En el cas de les cambres frigorífiques la xarxa WiFi està connectada a la LAN de l'empresa i aquesta a Internet. Per tant, el sensor mateix podria enviar les dades al servidor extern via WiFi i a través de l'AP.

5.3. Tecnologies proposades

5.3.1. Comunicació amb la unitat de comunicació amb el sistema de gestió

A partir de les anàlisis dels apartats anteriors, les tecnologies disponibles en cada cas serien:

Taula 4- Quadre comparatiu de les diferents tecnologies proposades

		WiFi	Bluetooth	ZigBee/IEEE 802.15.4	BLE
Unitats mòbils	Nodes suportats	3	2	3	2
	Consum elèctric	1	1	3	3
	Compatibilitat	3	3	0	3
		7	6	6	8
Cambres	Topologia	3	2	2	2
	Consum elèctric	2	3	3	3
	Compatibilitat	3	1	1	1
		8	6	6	6

Tot i el baix nombre de nodes suportat per BLE, això no representa un problema en l'aplicació que volem fer, sobretot en el cas de les furgonetes, donat que el nombre de sensors és reduït. Així mateix, l'elevat consum de Wi-Fi respecte de BLE representa un problema menor en el cas de les cambres frigorífiques, donat que és més fàcil de fer-hi la substitució de les bateries, a més de que podria ser possible d'alimentar els sensors directament de la xarxa elèctrica mitjançant un adaptador de corrent

En el quadre anterior es pot veure que les tecnologies més adequades serien **BLE per a les unitats mòbils, i WiFi per a les cambres frigorífiques.**

5.3.2. Comunicació unitats mòbils – servidor Web

Com ja s'ha comentat serà necessari contractar un servei de dades (2G/3G/4G) i per tant disposar d'un equip que suporti aquestes tecnologies. Donat que el volum de dades a enviar no es molt gran, és possible utilitzar equips que només suportin GPRS (2G) i que habitualment costen menys diners.

També seria interessant disposar d'una interfície de xarxa WiFi. Com ja s'ha comentat, això permetria detectar l'arribada i sortida dels vehicles a l'empresa, i fer una descàrrega automàtica de totes les dades recollides al servidor de l'empresa.

6. Implementació del control de la cadena de fred a les unitats mòbils

6.1. Determinació dels elements físics a utilitzar

6.1.1. Nodes sensors

Un cop vistes les tecnologies disponibles que més s'ajusten als nostres requeriments, hem de veure com es poden implementar, mitjançant la recerca de sensors i transceptors de senyal adequats.

La primera opció seria la recerca i disseny d'una solució "a mida", integrant els sensors i transmissors que ens interessin en una placa de circuit imprès. Aquesta és la més interessant per a grans sèries de producció, en poder triar els components en funció de les necessitats i no tenir components superflus o sobredimensionats. El seu cost de desenvolupament, que s'absorbeix per l'economia d'escala, en el present cas és un problema donat que parlem de sèries molt curtes que no es poden beneficiar de la mateixa. A banda d'això, hauríem d'afegir-hi les despeses de muntatge

Una segona opció seria la d'integrar diferents mòduls ja existents al mercat, per tal de fer un muntatge que cobreixi les necessitats. En aquest sentit, en un primer moment s'havia considerat la possibilitat de fer un muntatge mitjançant plaques de mòduls d'Arduino, doncs aquests ja existeixen i disposen dels diferents elements sensors i transmissors per a abastar les demandes. Es va fer una anàlisi aproximada del cost material que podria representar per unitat que, de forma aproximada es va calcular que seria entorn dels 100€ per cada unitat mòbil i uns 80 per a les situades a l'interior de les cambres frigorífiques, tenint en compte els diferents elements a integrar. Tal com succeïa en el cas anterior, també s'haurien d'afegir les despeses de muntatge, tot i que serien inferiors, en no haver d'implementar tants components, sinó més aviat de muntar conjunts que ja són previstos per a aquest fi.

Finalment, es va optar per fer una recerca al mercat per tal de veure si es podia trobar quelcom que s'ajustés més en preu i prestacions als requeriments. Després d'una llarga recerca, es va trobar un dispositiu de la marca Texas Instruments que,

aparentment, a nivell de hardware s'ajustava en escriure als requeriments, i amb un preu que es va considerar molt ajustat. Es tracta del TI Sensor Tag CC2640/CC2650.

Aquest element reuneix en un sol conjunt els següents sensors i característiques:

Sensor infraroig TMP007	Infrared Sensor Accuracy (Max) (+/- C)	3
	Local Sensor Accuracy (Max) (+/- C)	1
	Temp Range for Listed Accuracy (C)	0 to 60
	Temp Resolution (Max) (bits)	14
	Supply Current (Typ) (uA)	270
	Supply Current (Shutdown) (uA)	2
	Supply Voltage (Min) (V)	2.2
	Supply Voltage (Max) (V)	5.5
	Shutdown	Yes
	Operating Temperature Range (C)	-40 to 125

Sensor llum OPT3001	Human Eye Response	Yes
	Interface	I2C
	Peak Spectral Sensitivity (Nom) (nm)	525
	Lux Range (Nom)	0.01 to 83K
	Supply Range (Nom)	1.6V to 3.6V
	Quiescent Current (Max) (uA)	2
	Operating Temperature Range:	-40°C to +85°C

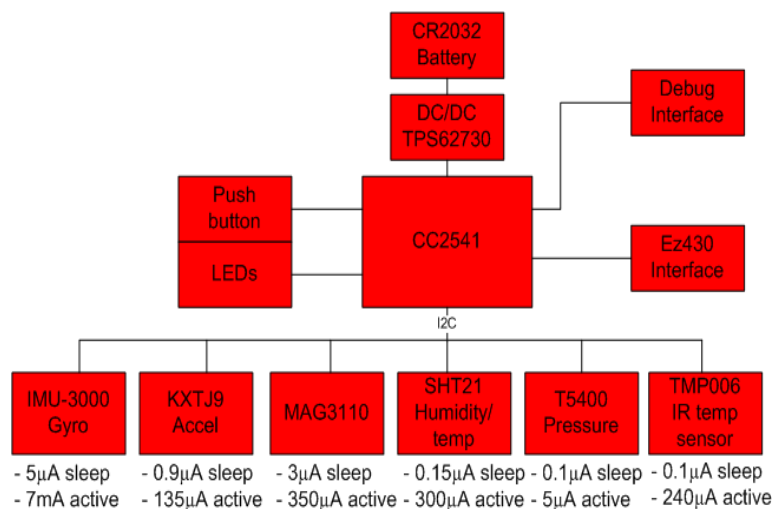
Sensor d'humitat i temperatura ambient HDC1000	Relative Humidity (RH)	
	Operating Range	0% to 100%
	Measurement Resolution	14 Bit
	Relative Humidity Accuracy $\pm 3\%$	$\pm 3\%$
	Temperature Range	
	Operating	-20°C to 85°C
	Functional	-40°C to 125°C
	Temperature Accuracy	$\pm 0.2^\circ\text{C}$
	Sleep Mode Current	200nA
	820 nA @ 1sps, 11 bit RH Measurement	
	Supply Voltage	3 V to 5 V
Average Supply Current (Typ) (uA)	1.2 @ 1 samples/sec	

Sensor baromètric BMP280	Operation range (full accuracy)	Pressure: 300...1100 hPa Temperature: -40...85°C
	Supply voltage VDDIO	1.2 ... 3.6 V
	Supply voltage VDD	1.71 ... 3.6 V
	Interface	I ² C and SPI

Average current (1Hz data refresh rate)	2.74 μ A, typical (ultra-low power mode)
Average measurement time	5.5 msec (ultra-low power preset)
Average current consumption in sleep mode	0.1 μ A
Resolution of data	Pressure: 0.01 hPa (< 10 cm) Temperature: 0.1°C
Absolute accuracy p=950 ... 1050hPa (T=0 ... +40°C)	$\sim \pm 1$ hPa
Relative accuracy pressure p=950 ... 1050hPa (+25°C)	± 0.12 hPa (typical) equivalent to ± 1 m
Temperature coefficient offset (+25°...+40°C @900hPa)	1.5 Pa/K equiv. to 12.6 cm/K

Sensor presència MK24	Contact Form	1A, 1B
	Rated Power (W)	0 to 3
	Switching Voltage (VDC)	0 to 30
	Switching Current (A)	0 to 0.3
	Carry Current (A)	0 to 0.5
	Breakdown Voltage (Min VDC)	60
	Avail. Operate Range (AT)	5 to 20

Acceleròmetre - Magnetòmetre MPU-9250	Gyro Full Scale Range:	$\pm 250 \pm 500 \pm 1000 \pm 2000$ °/sec
	Gyro Sensitivity:	131 65.5 32.8 16.4 LSB/°/sec
	Accel Full Scale Range:	$\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16$ g
	Compass Full Scale Range:	± 4800 μ T
	Operating Voltage Supply:	2.4 to 3.6 V



Taula 5- Quadres i taules comparatius de les característiques dels diferents sensors del SensorTag

Tots aquests elements es troben integrats en un sol dispositiu encapsulat amb la seva coberta protectora en silicona vermella, amb les dimensions d'un comandament de pàrquing, i un cost al voltant dels 30€ per unitat.



Taula 6-Principals característiques del TI SensorTag. Font: TI - Wireless Connectivity Guide

General Characteristics

Parameter	Min	Typ	Max	Unit
Frequency range	2402		2480	MHz
Data rate	—	1000	—	kBaud
Operating voltage	2	—	3.6	V
Operating temperature	-40	—	85	°C
Output power	-20	—	0	dBm
RX mode				
Receiver sensitivity	—	-93	—	dBm
Current consumption				
Current consumption, RX	—	17.9	—	mA
Current consumption, TX, 0 dBm	—	18.2	—	mA
Current consumption, power down	—	0.4	—	µA

Per tal de veure la operativitat del sistema, es va fer una prova empírica per tal de verificar que la transmissió de dades era possible en el vehicle, seguint el procediment descrit a l'annex corresponent.

Les dades obtingudes pel sensor es poden llegir en una aplicació per mòbil que a més les envia a una pàgina Web de demostració de IBM. En el nostre cas, com ja s'ha comentat, les dades s'enviarien a un servidor Web propi situat en un servei de hosting. Per altre cantó, l'aplicació mòbil no permet ajustar paràmetres com ara els intervals de mesura per a cada magnitud i, a més, s'ha de posar en marxa manualment cada cop,

quan el què interessaria seria el seu funcionament permanent o, millor, una posada en marxa automàtica induïda amb un esdeveniment que es determinaria més endavant. Tots aquests canvis són possibles modificant el firmware del dispositiu. El fabricant el proporciona així com l'entorn de desenvolupament necessari per a modificar-lo, l'IAR Embedded Workbench

De cara a poder desenvolupar les possibilitats dels dispositius, es disposa de diferents opcions, com ara la pròpia de Texas Instruments, anomenada BTool, (Bluetooth Low Energy PC Application), Bluetooth Developer Studio, Evthings, Gitorius o hackster.io. Totes elles són plataformes que cerquen el facilitar el desenvolupament de noves aplicacions a partir d'unes llibreries, sovint en llenguatge Javascript, però també en C.

6.1.2. Transmissió de dades des de les unitats mòbils

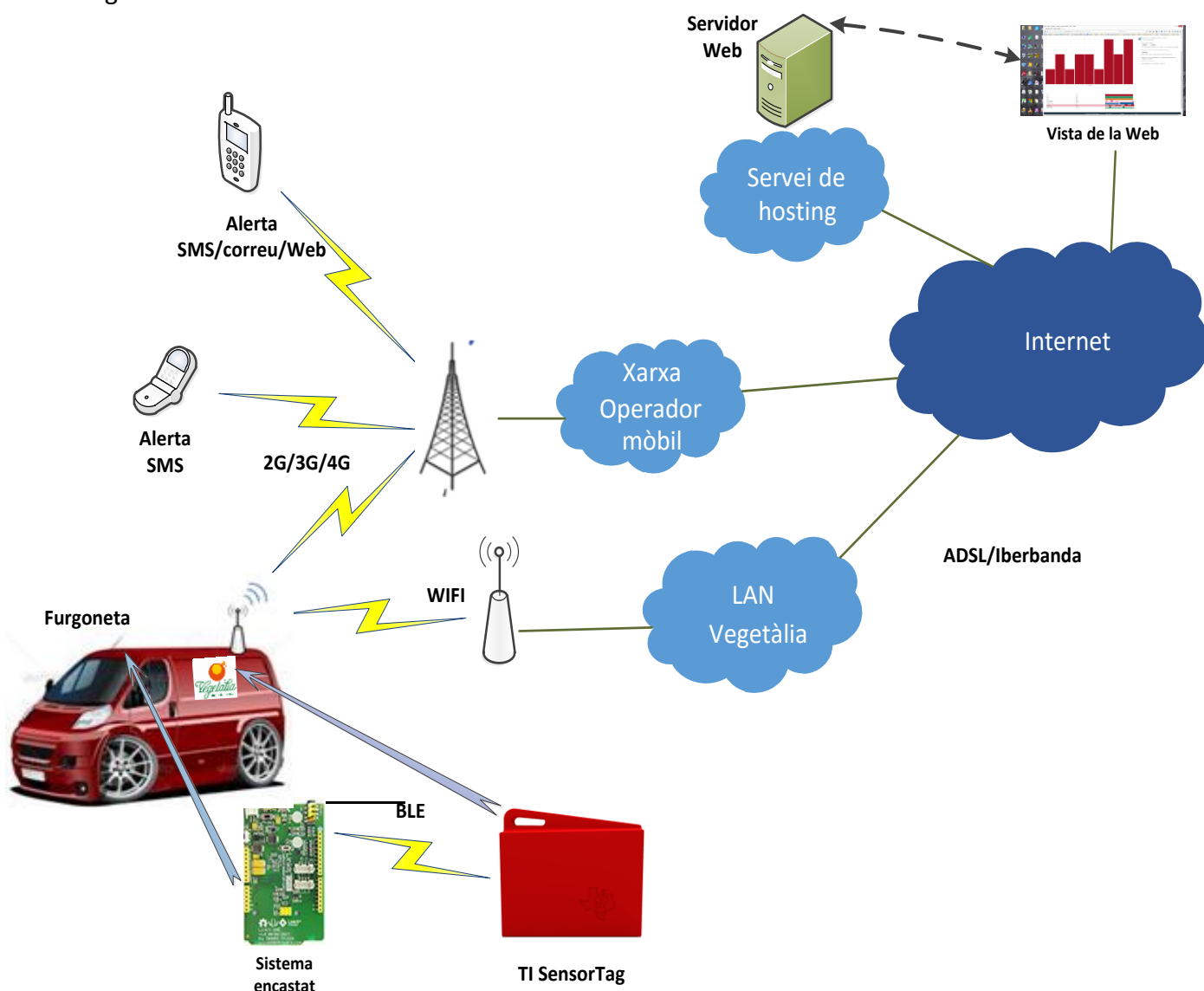
Com a element de transmissió de dades, en un principi s'havia considerat la utilització d'un smartphone comercial, donat que la implementació de sistemes dedicats sortia més cara i laboriosa. A partir d'una recerca posterior, s'ha identificat sistema encastat que incorpora, en un mateix dispositiu les funcionalitats del mateix, incloent la connectivitat tant GSM/GPRS, com WiFi i BLE i un receptor GPS. Aquest dispositiu s'anomena Linkit One de Seeed Studio i MediaTek. El preu d'ambdues opcions és similar, a partir d'uns 70€.

Aquesta sistema encastat és programable en el llenguatge d'Arduino, el què permetria de programar la lògica de funcionament sense tenir un nivell de coneixement de programació elevat, donat que la utilització d'un smartphone comercial requereix de coneixements avançats de programació, ja sigui en Javascript o en els entorns de desenvolupament d'Android, iOS o Windows, segons el terminal escollit.

Els dos inconvenients d'aquest sistema encastat són, per un cantó, que només poden controlar dos dispositius BLE per placa, cosa que en un principi no és gaire problema,

doncs no es preveu d'instal·lar-ne més en cada vehicle i, per altre cantó, podríem trobar-nos en el cas d'haver d'utilitzar dues targetes SIM per a trajectes on calgués fer roaming i la placa només n'admet una. Arribat el cas, es podria estudiar la possibilitat d'afegir un altre lector de SIM. Cal tenir present, però, que això aviat deixarà de ser un problema, doncs s'ha anunciat la desaparició del Roaming a la Unió Europea per al 15 de juny del 2017. &

A continuació es presenta un diagrama de blocs del sistema per al cas de les furgonetes.



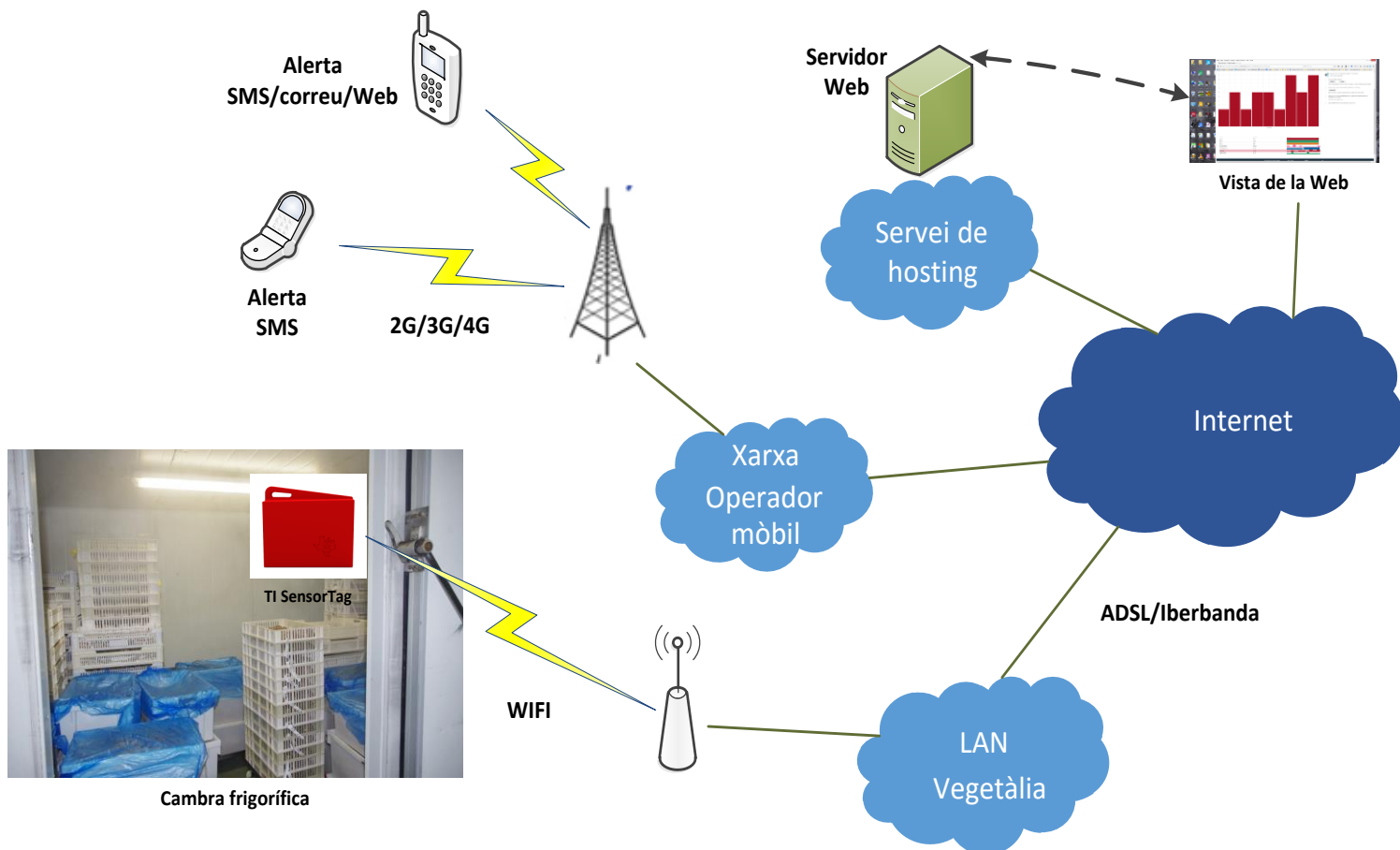
Il·lustració 29- Diagrama de blocs del sistema per al cas de les furgonetes

& <http://www.europarl.europa.eu/news/es/news-room/content/20150714STO81613/html/Todo-lo-que-necesita-saber-sobre-el-final-de-las-tarifas-de-%27roaming%27>

7. Implementació del control de la cadena de fred a les cambres frigorífiques

Una vegada explicada la implementació del control de les unitats mòbils en aquest capítol completarem el sistema de control de la cadena de fred centrant-nos en la part diferenciada que suposen les cambres frigorífiques.

Texas Instruments anuncia la imminent aparició d'una nova versió del SensorTag, amb WiFi. Aquest nou element permetria treballar amb un mateix dispositiu, encara que utilitzant tecnologies comunicació sense fils diferents, i per tant amb una mateixa filosofia de treball, el què ens facilitaria molt la implementació del sistema



Il·lustració 30- Diagrama de blocs del sistema per al cas de les cambres frigorífiques

Així doncs, l'esquema de blocs quedaria de la següent manera:

En fer les proves, s'ha comprovat l'existència de zones amb una cobertura WiFi nul·la o insuficient en algunes de les cambres que es pretenen controlar. Per tant, per a poder

implementar aquesta part del sistema a les cambres afectades caldria la instal·lar més APs o afegir alguna antena externa amb guany que millorés la comunicació en les zones afectades

8. Estudi econòmic del sistema

En aquest apartat s'ha valorat l'import dels diferents dispositius a instal·lar, comptant un sol dispositiu SensorTag per cada unitat mòbil, mentre que per a les cambres frigorífiques s'ha estimat millor de col·locar-ne 2 a cadascuna.

Cada unitat disposa d'un sistema encastat, que controla els sensors de la mateixa, amb la seva respectiva caixa.

No s'ha contemplat altres costos, com ara el de desenvolupament, ni el de connexió al sistema informàtic actual, donat que són factors difícils de valorar, en funció de les prestacions que es sol·licitin finalment al sistema. Tampoc s'inclouen les instal·lacions per a fer operatiu el sistema, com ara la millora de la cobertura WiFi a les cambres frigorífiques.

A més, caldria afegir el cost mensual a partir d'uns 21 € per la connexió a la xarxa de dades mitjançant la tarja SIM

Taula 7- Estudi econòmic del sistema (Preus sense IVA)

	disp/uni	unitats	preu/disp	preu unit	preu total
Unitats mòbils		4	85	85	306
Sensor Tag CC2650	1	4	30	30	120
Caixa CAJA S.70 NEGRA 110X85X35	1	4	6.5	6.5	26
Placa comunicacions	1	4	70	70	280
Adaptador 12V	1	4	10	10	40
Cambres frigorífiques (2 disp. per cambra)		7	30	60	420
Sensor Tag CC2650	2	7	30	60	420
Import total					726 €

9. Conclusions i línies futures

A la introducció es plantejaven una sèrie d'objectius que es pretenia assolir:

- La verificació del funcionament de l'autoclau hauria estat realitzada, almenys a un nivell operatiu amb un marge suficient de confiança.
- S'han analitzat les possibilitats de millora en el control de la cadena de fred.
- S'han presentat les possibilitats de monitorització remota de la cadena de fred.
- Dins les possibilitats tecnològiques disponibles s'han presentat sistemes concrets de dispositius, posant les bases per a la seva implementació.
- S'ha fet una estimació econòmica del cost que podria representar la implementació operativa del sistema, almenys pel què fa a la part física.

D'aquesta manera, es creu que s'han assolit els objectius proposats en un inici, el què no significa pas que s'hagi acabat la feina i que el sistema aquí proposat sigui plenament operatiu. Per a fer-ne la implementació efectiva, ara caldria verificar-ne de forma empírica el funcionament efectiu en condicions de treball, veure les limitacions del sistema proposat i les possibles mesures correctores de les mateixes, suposant que realment limitin les prestacions del sistema fins a extrems inadmissibles.

Entre les possibles limitacions que es poden preveure hi hauria la manca de sensibilitat, rang de treball real insuficient o una constant de temps massa elevada per als requeriments, en el cas dels sensors, o bé un abast insuficient sensor-sistema encastat en el cas de les furgonetes. Un factor imponderable podria ésser la possible manca de cobertura mòbil en els recorreguts habituals de les furgonetes, però donada la quasi-ubiquïtat present de les xarxes GSM/GPRS costa de creure que arribi a ser un factor inhibidor de les prestacions del sistema.

Aquests són els factors que es preveu que puguin obligar a fer canvis en el sistema per factors tècnics. La resta creiem que poden ser més d'índole econòmica, com ara el cost de desenvolupar la pàgina i procés de consultes, que tampoc es creu que sigui gaire elevat. En quant al cost del material, no creiem que hagi de ser limitant, donat el rendiment cost/utilitat, per a una empresa d'aquestes característiques.

La línia de treball futura podria anar per a aprofitar la implementació d'aquest sistema, que, en obrir un canal de comunicació i dades entre les furgonetes i el núvol obre la porta a fer un sistema integrat de control de tràfic de mercaderies i control de comandes i stocks, ja sigui emprant tecnologia com la aquí presentada, o bé amb d'altres, tipus RFID.

Com a conclusió final, també recordarem els principals trets dels assaigs del control de l'autoclau. Remarcar el fet que s'és conscient que la mostra no és prou gran com per a fer-ne una valoració estadística, però sí per a treure'n algunes orientacions amb una base empírica.

- Els paràmetres funcionals de l'autoclau que han estat controlats ho fan dins els límits previstos
- El comportament tèrmic del producte pot arribar a diferir de forma notable de la corba de temperatures de l'autoclau.
- Sembla que el comportament tèrmic del producte és molt relacionat a les seves dimensions i contingut d'aigua

Per tal de verificar els punts que romanen dubtosos, seria aconsellable d'aprofundir experimentalment en els mateixos amb un nombre de proves més gran.

10. Bibliografía

A Bluetooth-Smart Insulating Container for Cold-Chain Logistics. **Pai H. Chou, Cheng-Ting Lee, Zan-Ya Peng, Jo-Ping Li, Tong Kun Lai, Chin-Chung Nien, Li-Huei Chen, et al.** **December 16-18, 2013.** [ed.] IEEE Computer Society. Koloa, HI, USA : s.n., December 16-18, 2013. 2013 IEEE 6th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications. 978-1-4799-2701-2.

A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and Current Trends. **Luis Ruiz-Garcia, Loredana Lunadei, Pilar Barreiro and Jose Ignacio Robla.** **2009.** 9 de 2009, *Sensors*, págs. 4728-4750. www.mdpi.com/journal/sensors. 1424-8220.

AC 2007-1242: COMPARATIVE EVALUATION OF ZIGBEE AND BLUETOOTH: EMBEDDED WIRELESS NETWORK TECHNOLOGIES FOR STUDENTS AND. **Janell Armstrong, C. Richard Help.** **2007.** [ed.] American Society for Engineering Education. 2007. pág. 12.

Applying back propagation network to cold chain temperature monitoring. **Kai-Ying Chen, Yi-Cheng Shaw.** **2011.** 25, 2011, *Advanced Engineering Informatics*, págs. 11-22.

Artem Dementyev, Steve Hodges, Stuart Taylor and Joshua Smith. **2013.** *Power Consumption Analysis of Bluetooth Low Energy, ZigBee and ANT Sensor Nodes in a Cyclic Sleep Scenario.* 2013.

Cold chain maintaining in food trade. **K. Likar, M. Jevsnik.** **2006.** [ed.] Elsevier. 2006, *Food Control* , Vol. 17 , págs. 108–113.

Cold Chain Management using an Ultra Low Power Wireless Sensor Network. **Ruud Riem-Vis, PhD.** **June 6, 2004.** Boston, MA. : s.n., June 6, 2004. Mobisys 2004 Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems. págs. 21-23. <http://lcawww.epfl.ch/luo/WAMES%202004.htm>.

Garrido, Gonzalo Campos. **2009.** *CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO EN REDES ZIGBEE/802.15.4 (PFC).* Málaga : ETSIT - Universidad de Málaga, 2009.

Ning Wang, Naiqian Zhang, Maohua Wang. 2006. *Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and future perspective.* s.l. : Elsevier, 2006. pág. 14. Computers and Electronics in Agriculture, 50.

Open Data Kit Sensors: A Sensor Integration Framework for Android at the Application-Level. **Waylon Brunette, Rita Sodt, Rohit Chaudhri, Mayank Goel, Michael Falcone, Jaylen VanOrden, Gaetano Borriello. 2012.** New York : s.n., 2012. MobiSys '12 Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services . págs. 351-364. 978-1-4503-1301-8.

Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. **Carles Gomez, Joaquim Oller, Josep Paradells. 2012.** 2012, sensors. www.mdpi.com/journal/sensors. 1424-8220.

Performance of ZigBee-Based wireless sensor nodes for real-time monitoring of fruit logistics. **L. Ruiz-Garcia, P. Barreiro , J.I. Robla. 2008.** [ed.] Elsevier. August de 2008, Journal of Food Engineering, Vols. 87, 3, págs. 405-415. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877408000125>. 0260-8774.

L. Ruiz-Garcia, P. Barreiro , J.I. Robla. 2008. [ed.] Elsevier. s.l. : Science Direct, 3 de August de 2008, Journal of Food Engineering, págs. 405-415.

Pfister, Cuno. 2011. *Getting Started with the Internet of Things.* Sebastopol, : s.n., 2011. 978-1-4493-9357-1.

T. Adame, A. Bel, B. Bellalta, J. Barcelo, M. Oliver. 2014. *IEEE 802.11ah: The Wi-Fi Approach for M2M Communications.* NeTS Research Group, Universitat Pompeu Fabra. Barcelona : s.n., 2014.

Wireless sensor network for real-time perishable food supply chain management. **Junyu Wang, He Wang, Jie He, Lulu Li, Meigen Shen, Xi Tan, Hao Min, Lirong Zheng. 2015.** 110, s.l. : Elsevier, 2015, Computers and Electronics in Agriculture, págs. 196-207.

11. Recursos electrònics

- Característiques dels sensors del TI Sensor Tag 2650:
 - Temperatura: <http://www.ti.com/product/tmp007>
 - Llum: <http://www.ti.com/product/opt3001>
 - Humitat: <http://www.ti.com/product/hdc1000>
 - Sensor baromètric: https://www.bosch-sensortec.com/en/homepage/products_3/environmental_sensors_1/bmp280/bmp280
 - Giroscopi-Magnetòmetre: <http://store.invensense.com/ProductDetail/MPU9250-InvenSense-Inc/487537/>
 - Sensor presència: http://www.ti.com/ww/en/wireless_connectivity/sensortag2015/tearDown.html
- Texas Instruments CC2540/41 Software Developer's Guide <http://www.ti.com/lit/ug/swru271f/swru271f.pdf>
 Texas Instruments CC2640 Software Developer's Guide <http://www.ti.com/lit/ug/swru393/swru393.pdf>
- Codi font i altra documentació del TI SensorTag <http://www.ti.com/tool/sensortag-sw>
- Punt accés zona producció: Ovislink Evo-W322AR http://www.ovislink-espana.com/es/4_4int_7_272/Productos/Wireless/Routers-inalAimbricos-Puntos-de-acceso/Evo-W322AR/
- Punt accés cambra frigorífica de producte acabat: https://portal.motorolasolutions.com/Support/US-EN/Wireless+Networks/Wireless+LAN/Access+Ports+and+Points/AP5131_US-EN

- Característiques dispositiu enregistrator **Gemini TinyTag**, actualment utilitzat a les furgonetes.

<http://www.gemindataloggers.com/data-loggers/tinytag-transit-2/tg-4080>

<http://www.gemindataloggers.com/accessories/connections/acs-3030>

<http://gemini2.assets.d3r.com/pdfs/original/2081-tg-4080.pdf>

- Sensors de temperatura per a control de l'autoclau PicoVacq

<http://www.tmi-orion.com/en/data-logger-measure/temperature-data-logger/temperature-pt-sensor.htm>

- Programari per al tractament de dades dels sensors PicoVacq

<http://www.tmi-orion.com/en/data-management/data-management-software.htm>

- Placa sistema encastat <http://www.seeedstudio.com/depot/LinkIt-ONE-p-2017.html>

12. Annexes

12.1. Proves empíriques de viabilitat realitzades a les furgonetes

Per tal de fer una prova pràctica de la factibilitat del sistema que es proposa a les furgonetes, s'hi ha efectuat unes proves empíriques "in situ". S'ha vist que es pot rebre el senyal del sensor, situat dins la cambra del furgó, dins la cabina estant, almenys amb la cambra buida.

Per a a realització d'aquestes proves s'ha utilitzat un telèfon mòbil de la marca Samsung, model S4 Mini, amb sistema operatiu Android v. 4.4, posat en la funció "tethering" o d'establiment de xarxa WiFi local, i un tablet PC Samsung model S2, amb sistema operatiu Android, v. 4.2, en mode recepció. Primerament s'ha pres un valor mig d'emissió amb el programari de mesura de xarxes WiFi "Network Signal Info", que ens informa, entre d'altres dades, del valor de recepció del senyal. S'ha mesurat un valor mig de recepció del senyal de WiFi de -55dBm quan eren el dos dispositius a tocar, i tot seguit s'ha introduït el telèfon dins el furgó i se n'ha tancat la porta, mesurant la potència rebuda amb la tablet PC, donant un valor mig de uns -80 dBm, essent per tant l'atenuació d'uns -25dBm.

Aquests valors són, en principi, suficients per a rebre el senyal de forma adequada. Tot i què són dades de WiFi, la freqüència de WiFi i de BLE és la mateixa, s'estima que les condicions de propagació i, per tant, l'atenuació serà similar per a BLE. Comprovacions fetes posteriorment amb el dispositiu SensorTag han corroborat aquesta hipòtesi, amb una operativa similar, però situant el sensor dins la cabina del vehicle i s'ha comprovat la recepció correcta de les dades. Només caldria fer la mateixa comprovació amb el vehicle carregat, donat que l'atenuació del senyal pot ser més gran en aquest cas, i caldria ressituar el dispositiu dins la cambra frigorífica per tal de millorar-ne la recepció.

De manera similar s'ha operat en el cas de les cambres frigorífiques i l'autoclau, amb uns valors que anaven des d'uns 10°C a les cambres de seitan fins els 35-40°C de l'abatidor, del congelador o de l'autoclau.

12.2. Característiques del Data logger Eliwell 1000

- *Ranura per a targeta SD per a descàrrega de dades, fins i tot sense PC*
- *Accés ràpid al menú d'impressió dels valors de les sondes*
- *Gestió completa del controlador de les alarmes de la xarxa*
- *Impressió de gràfics i taules a la impressora incorporada*
- *Memory1000 combina la possibilitat de controlar el sistema, mitjançant el seu senzill sistema de mesura de dades que cobreix totes les aplicacions requerides per el client*
- *Disposa de pantalla gràfica i un senzill i intuïtiu menú multilingüe per a la configuració de l'aparell. A través d'aquesta pantalla es poden veure i gestionar les dades gravades*
- Disposa de 8 entrades analògiques i 2 de digitals, expansibles connectant a l'instrument, via un port RS-485 a una xarxa de fins a 15 dispositius similars. També es pot connectar utilitzant un mòdul adaptador per tal de crear una xarxa de control sense fils a tota la planta.
- Relé i bronzidor d'alarma

Memory 1000 és un enregistrator de dades Multi canal que compleix la Norma EN-12830; que pot anar tant penjat com empotrat. El seu sistema admet més de 12 mesos d'enregistrament, i en fan la solució òptima per a petites instal·lacions on calgui enregistrar dades per al sistema HACCP. Pot gestionar fins a dues alarmes per a cada canal analògic i pot gestionar alarmes amb actuadors configurables i bronzidors.



C/ José Gutiérrez Abascal Nº2
Madrid 28006



LABORATORIO DE TERMOTÉCNIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ORGANISMO CONTROL METROLÓGICO 16-OC-1003
ORGANISMO AUTORIZADO VERIFICACIÓN METROLÓGICA 16-OV-1003



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD MODULO F

Nº ensayo:	T2013_2074	Nº serie equipo:	0001 OFD9
------------	------------	------------------	-----------

Instrumento	REGISTRADOR DE TEMPERATURA	
Fabricante	ELIWELL CONTROLS S.R.L.	
Marca	Eliwell	
Modelo	MEMORY 1000 TIPO 1280.E	
Versión software	6.01	
Número de serie	0001 OFD9	
Certificado de Conformidad nº	T2010/2113	
Clase	1	
Aptitud	Almacén	
Sensor externo	Modelo	Precinto
	SN8TEWE	
	SN8TEWE	
	SN8TEWE	
	SN8TEWE	
	SN8TEWE	
	SN8TEWE	
Precinto del registrador	ELIWELL IBERICA 09-C-0013.	

Fecha de inspección	16-jul-13	Fecha de emisión	16-jul-13
---------------------	-----------	------------------	-----------

Expedido a	Eliwell Ibérica S.A. Polígono El Oliveral C/ K 15 46394 Ribarroja del Turia Valencia	CIF: A96127980
------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

Este certificado acredita que el instrumento sometido a verificación cumple los requisitos legales establecidos en el Real Decreto 889/2006 y la Orden ITC 3701/2006 ha sido fabricado conforme examen de modelo, ha superado satisfactoriamente los ensayos de evaluación de conformidad modulo F, ha sido precintado en los puntos señalados en el certificado de examen de modelo y cumple todas las prescripciones establecidas en el mismo.

El Laboratorio de Termotecnia está designado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid como Organismo de control metrologico.

El Laboratorio de Termotecnia es un Organismo de Control Metrologico del Estado para la Fase de Comercialización y Puesta en Servicio acreditado por ENAC con la Acreditación numero OC-I/201.



Juan Manuel González

Fdo. Juan Manuel González
Director Técnico del Laboratorio

FORMATO INFORME: FIT-01-04

REV: 2

Página 1/1



MODELO	CÓDIGO	EUROS
Memory 1245.E	M1K04503M0501	670 €
Memory 1240.E	M1K04503M1501	880 €
Memory 1285.E	M1K08503M0501	750 €
Memory 1280.E	M1K08503M1501	930 €
Sonda Técnica de 3 Metros	SN8TEWE03	14 €
Sonda Técnica de 6 Metros	SN8TEWE06	26 €
Sonda Técnica de 15 Metros	SN8TEWE15	38 €
Sonda Técnica de 30 Metros	SN8TEWE30	60 €
Sonda Técnica de 60 Metros	SN8TEWE60	88 €
Recambio de papel térmico	RC444444	4,5 €

MEMORY REGISTRADOR COMERCIAL



MEMORY 1000

REGISTRADOR DE TEMPERATURA
HOMOLOGADO ITC 3701 - EN12830



Dimensiones
238 x 245 x 70 mm
Instalado
8 / 7 BOTONES
TAM
SARPELLENO
FORMATO
EPS4 - S.L.
DISPLAY
LCD

- » Sin necesidad de carnet para su instalación.
- » Puerto tarjetas SD estándar; para conexión tarjetas SD estándar y descarga de datos. Una misma tarjeta sirve para la descarga de datos de múltiples M1000.E
- » Descarga SD automática, sin necesidad de tocar ninguna tecla, simplemente introducir la tarjeta.
- » RS - 485 - Para conexión sistema Televis
- » RS - 232 - Para conexión MODEM GSM y envío de alarmas por SMS
- » RS - 232 - Para conexión PC y descarga de datos.
- » Carga de papel térmico extremadamente sencilla.
- » Memoria de datos para más de un año (según norma EN 12830). 788 días para el modelo de 8 sondas y 1276 días para el modelo de 4 sondas
- » Relé de alarma y zumbador.
- » 2 Entradas digitales
- » Impresión gráfica y de texto.
- » Software incluido para generar tablas, gráficos, tablas de alarmas, tablas de parámetros modificados.
- » Pantalla gráfica para la programación y visualización de datos
- » Sondas de diferentes longitudes bajo pedido. El registrador se suministra con todos los documentos metrologicos (modulo F) y las sondas conectadas y precintadas.
- » Seleccionar modelos de sonda junto al registrador para confección del conjunto homologado

CARACTERÍSTICAS

Interfaz de usuario

Entradas analógicas

Entradas digitales

Salidas digitales

Conectividad

Reloj

Zumbador

Consumo

Alimentación

Impresora

MEMORY 1000 con impresora (mod. 1240 y 1280)

Display LCD gráfico retro-iluminado
8 teclas en policarbonato

Hasta 8 entradas analógicas NTC

Hasta 2 entradas digitales

1 SPDT 5(2)A 250V~

Puerto RS-485 para extender las entradas mediante controles Eiwell

Televis compatibles (necesita Smart Adapter)

Serial RS-232 para descarga datos con software para Microsoft

Windows* (suministrado)

Slot para tarjeta de memoria SD para descarga datos

presente

presente

20W máx. (impresión en curso)

230V~ ±10% 50/60Hz

Térmica, integrada

MEMORY 1000 sin impresora (mod. 1245 y 1285)

Display LCD gráfico retro-iluminado
7 teclas en policarbonato

Hasta 8 entradas analógicas NTC

Hasta 2 entradas digitales

1 SPDT 5(2)A 250V~

Puerto RS-485 para extender las entradas mediante controles Eiwell

Televis compatibles (necesita Smart Adapter)

Serial RS-232 para descarga datos con software para Microsoft

Windows* (suministrado)

Slot para tarjeta de memoria SD para descarga datos

presente

presente

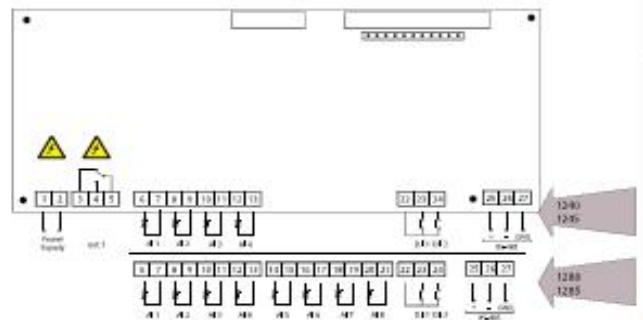
5W máx.

230V~ ±10% 50/60Hz

-

DATOS TÉCNICOS

MODELO	ENTRADAS NTC	IMPRESORA	RS-232 MÓDEM	TARJETA SD	RS-485	RS-232 PC
Memory 1245.E	4	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Memory 1240.E	4	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Memory 1285.E	8	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Memory 1280.E	8	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

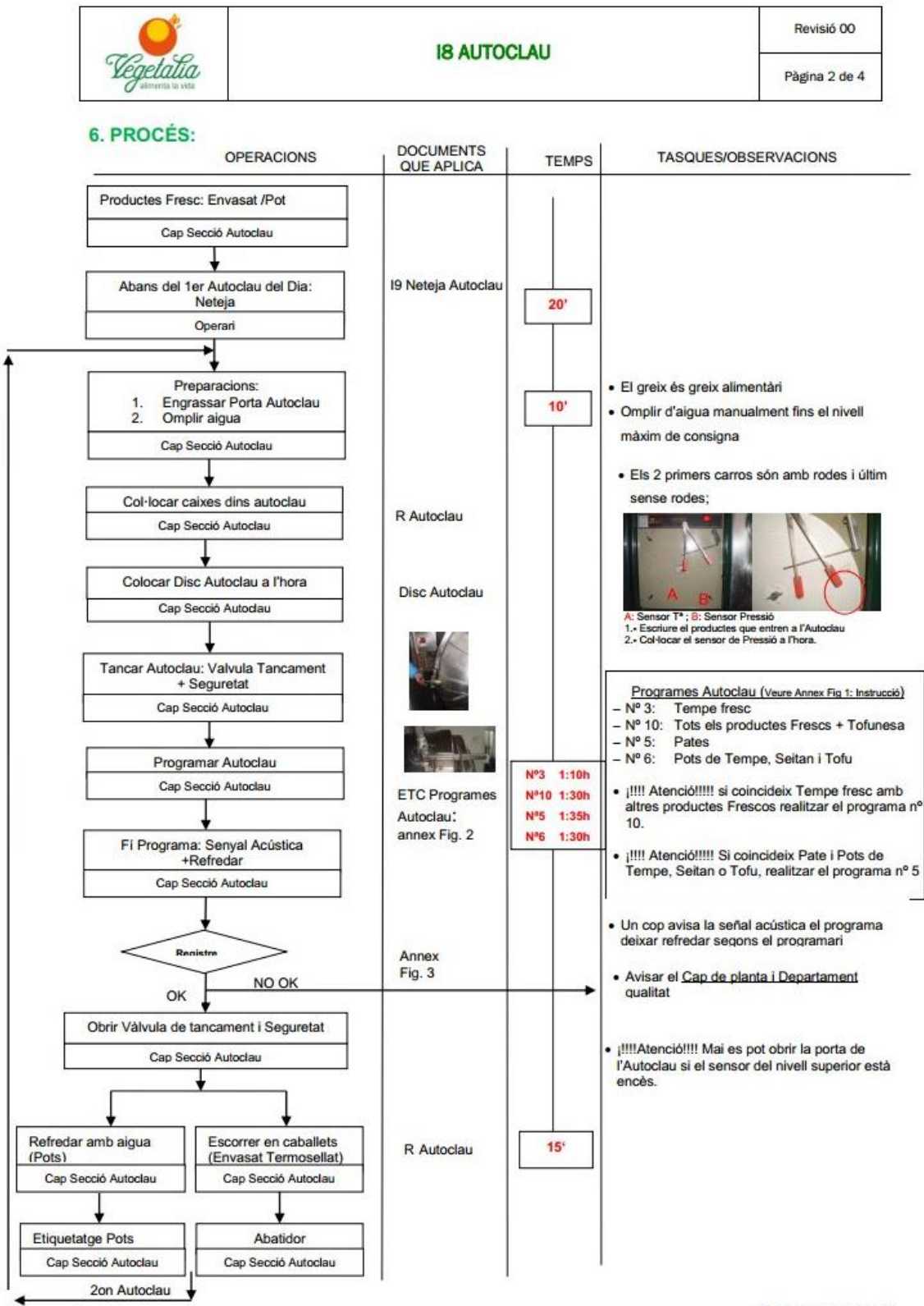


ESQUEMAS



12.3. Instrucció per al funcionament de l'autoclau

A continuació s'inclou la Instrucció de l'autoclau de Vegetàlia



IT1-rev 00 Instrucció de treball Vertical.doc

	18 AUTOCLAU	Revisió 00
		Pàgina 3 de 4

7. NOTES

- Capacitat màxima de caixes en carros amb rodes:
- 24 caixes grans; 36 caixes petites
- Capacitat màxima de caixes en carros sense rodes: 28 caixes grans, 40 caixes petites
- Si hi ha Seitan Termosellat pendent d'autoclavar :
 - Es pot esperar el procés d'autoclau fins l'endemà.
 - Reservar a la nevera semi-elaborat ben identificat amb etiquetes vermelles.
- Si hi ha Pot fabricat i no es pot autoclavar perquè està ocupat l'Autoclau:
 - El temps d'espera del producte a l'obrador pot ser màxim d'1 hora.
 - A partir d'1 hora reservar a la nevera de Semi-elaborat.

8. DOCUMENTACIÓ

- I8 Neteja Autoclau
- I5 Abatició
- R18 Abatidor
- Disc Autoclau

9. ANNEX

Figura 1



Figura 1 : Instruccions per activar programa

Passos a seguir per activar programa:

- 1.- S± (és un "Cancelar")
- 2.- <3> Pren boto nº 3 = Inicia
- 3.- Cliquem el nº de programa corresponent (3, 5, 6 o 10)
- 4.- Enter, pren el boto enter
- 5 - <1> Pren botó 1: INICIAR

12.4. Certificats de calibració de les sondes de l'assaig de l'autoclau

En aquest apartat incloem només el d'un d'ells, a títol d'exemple



TMI-ORION
Parc de Bellegarde – Bat C
1 Chemin de Borie
34 170 CASTELNAU-LE-LEZ
France

TEMPERATURE
TEMPERATURE

Tél.: (0)4 99 52 67 10 – Fax: (0)4 99 52 67 19
e-mail: tmi@tmiqi.com - web: tmi-orion.com
TO/CET/131102.ed1
Mise à jour : 30/09/2013

CERTIFICAT D'ETALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE

APRES AJUSTAGE
AFTER ADJUSTMENT

N° FT201452_064

DELIVRE A : FRESENIUS
ISSUED FOR :

INSTRUMENT ETALONNE
CALIBRATED INSTRUMENT

Désignation : PicoVACQ
Designation :

Type : PVQ/1Tc
Type :

N° de série : PV134254
Serial number :

Capteur étalonné : PT1000 Canne/Rod
Calibrated sensor :

N° d'identification :
Identification number :

Pleine échelle : 0..140 °C
Full scale :

Constructeur : TMI-Orion
Manufacturer :

Date d'émission : 24/12/2014
Date of issue : 12/24/2014

Signature
numérique de
Sylvain JANSANA
Date : 2014.12.29
09:22:37 +01'00'

S. JANSANA
Responsable du service métrologie
Metrology manager
Responsable Assurance Qualité
Quality Control manager

Ce certificat contient 3 pages et 1 annexe
This certificate includes 3 pages and 1 annex

LA REPRODUCTION DE CE CERTIFICAT N'EST AUTORISEE QUE
SOUS LA FORME D'UN FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL
THIS CERTIFICATE MAY NOT BE REPRODUCED OTHER
THAN IN FULL BY PHOTOGRAPHIC PROCESS

ANNEXE AU CERTIFICAT D'ETALONNAGE FT201452_064
AJUSTAGE
ADJUSTMENT

MOYENS D'AJUSTAGE
ADJUSTMENT EQUIPMENTS

Paliers (°C) Step (°C)	Milieu de comparaison Comparison Medium	Etalon Standard			Certificat d'étalonnage Calibration Certificate
0	Bain ES_142501	B44571	+	911851	1405-097
30	Bain ES_142501	B44571	+	911851	1405-097
60	Bain ES_142501	B44571	+	911851	1405-097
90	Bain ES_142501	B44571	+	911851	1405-097
121	Bain ES_142501	B44571	+	911851	1405-097
140	Bain ES_142501	B44571	+	911851	1405-097

METHODE D'AJUSTAGE
ADJUSTMENT METHODOLOGY

La procédure d'ajustage utilisée : TO/ETA/021502.
Adjustment is done according to the procedure : TO/ETA/021502

Cette opération consiste à établir une fonction de transfert ayant comme entrée la réponse de l'enregistreur effectuant le mesurage d'un milieu de comparaison et comme valeur de sortie la valeur du mesurage de ce même milieu par un thermomètre étalon.
The adjustment consists in calculating a transfer function using as input the response of the logger performing the measurement of a comparison environment, and as outputs the values of this same environment given by a reference thermometer.

L'enregistreur est ajusté à différentes températures mentionnées dans le tableau ci-dessous. Y sont également présentés, pour chaque point d'ajustage, le résidu de la fonction de transfert et la réponse de l'enregistreur* (issue de la nouvelle fonction de transfert).
*The logger is adjusted at temperatures mentioned in the chart below. For every adjustment point, we display the transfer function residual errors and the logger value** (calculated with the new transfer function).*

RESULTATS
RESULTS

Paliers Step (°C)	Valeur Vraie True Value (°C)	Réponse de l'enregistreur* Logger Value** (°C)	Erreur Error (°C)	Incertitude Uncertainty (±°C)
0	-0.01	-0.01	0.00	0.10
30	30.00	30.00	0.00	0.10
60	60.00	59.99	-0.01	0.10
90	89.99	90.00	0.01	0.10
121	121.00	120.99	-0.01	0.10
140	139.99	139.99	0.00	0.10

RESULTATS
RESULTS

L'étalonnage a été effectué avec le fichier de configuration PV134254.CET du 24/12/2014.
The calibration has been done with the configuration file PV134254.CET issued on 12/24/2014.

Paliers Step (°C)	Valeur Vraie True Value (°C)	Valeur lue Read Value (°C)	Erreur Error (°C)	Incertitude Uncertainty (±°C)
60	60.00	59.99	-0.01	0.10
90	89.99	89.99	0.00	0.10
121	121.00	120.99	-0.01	0.10
134	134.00	134.00	0.00	0.10

MOYENS ET CONDITIONS D'ETALONNAGE
EQUIPMENTS AND CALIBRATION CONDITIONS

Lieu de l'étalonnage : laboratoire de métrologie TMI-Orion
 Calibration place : TMI-Orion metrology laboratory

Début de l'étalonnage le : 22/12/2014
 Start calibration date: 12/22/2014

Fin de l'étalonnage le : 23/12/2014
 End calibration date: 12/23/2014

Température du laboratoire : (25 ± 5) °C
 Laboratory temperature :

L'enregistreur est entièrement immergé dans le milieu de comparaison.
 The logger is totally immersed in the comparison medium.

Moyens d'étalonnage :
 Calibration devices :

Paliers (°C) Step (°C)	Milieu de comparaison Comparison Medium	Etalon Standard	Certificat d'étalonnage Calibration Certificate
60	Bain ES_142501	B44571 + 911851	1405-097
90	Bain ES_142501	B44571 + 911851	1405-097
121	Bain ES_142501	B44571 + 911851	1405-097
134	Bain ES_142501	B44571 + 911851	1405-097

METHODE D'ETALONNAGE
CALIBRATION METHODOLOGY

La procédure d'étalonnage utilisée : TO/ETA/020401.
 Calibration is done according to the procedure : TO/ETA/020401 .

Après stabilisation au point de consigne, l'étalonnage est effectué par comparaison à un thermomètre à résistance de platine (pour des températures comprises entre -80 et 400°C) ou thermocouple (pour des températures supérieures à 400°C).
 After temperature stabilization at the set-point, calibration is done by comparison with a thermometer with Pt sensor (for temperature between -80 and 400°C) or thermocouple (above 400°C).

L'étalonnage est réalisé dans un bain régulé avec liquide caloporteur ou dans un four d'étalonnage.
 Calibration is carried out in a temperature controlled bath with a heat transfer liquid.

La méthode d'évaluation des incertitudes est mentionnée dans la procédure TMI-Orion TO/MET/984201.
 Uncertainty evaluation method is mentioned in the TMI-Orion TO/MET/984201 procedure.

Les procédures TMI-Orion sont consultables sur place, après accord de TMI-Orion.
 Procedures are available on site after agreement with TMI-Orion.

Les moyennes des températures étalons, lues sur la chaîne de mesure ainsi que les corrections déterminées ont été arrondies en tenant compte de la résolution de l'indicateur numérique. Compte tenu de l'arrondissement nécessité par la résolution de l'instrument, il peut exister une différence entre les erreurs mentionnées en 4^{ème} colonne et celles que l'on pourrait déduire des valeurs issues des 2^{ème} et 3^{ème} colonnes. Cette différence est au maximum égale à la valeur d'un pas de résolution du dispositif concerné.
 The average temperatures read on measuring system, standard temperatures and corrections were round to the digital indicator resolution. A difference can therefore be found between the corrections mentioned in the fourth column and those that could be deduced by subtracting the second and the third columns. This maximum difference is equal to the resolution of the device concerned

Les incertitudes élargies mentionnées sont celles correspondant à deux fois l'incertitude-type. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitude, étalon de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité, ...
 The expanded uncertainties mentioned are those corresponding to twice combined standard uncertainty. The standard uncertainties were calculated by considering the different sources of uncertainties, standard instrument, calibration devices, environment conditions, contribution of the calibrated instrument, repeatability, ...

Les incertitudes mentionnées dans ce certificat s'appliquent uniquement aux valeurs mesurées pendant la durée de l'étalonnage et ne préjugent pas de la stabilité à long terme de l'instrument.
 The uncertainties reported in the certificate apply only to values measured during the calibration and do not prejudice the long-term stability of the instrument.

12.5. Dades obtingudes dels assaigs de control de l'autoclau

Donada la seva extensió reproduïm també només el primer full d'un d'ells.

Data	Hora	pv134228	pv134254	pv134245	pv134233
02.06.2015	12:19:09	35.78076	33.48071	34.92663	33.13677
02.06.2015	12:19:19	34.33722	35.73044	35.02958	35.14615
02.06.2015	12:19:29	36.09032	34.04703	35.56163	35.06021
02.06.2015	12:19:39	32.84398	32.31458	33.57194	32.19335
02.06.2015	12:19:49	33.18709	35.50699	33.93189	34.49316
02.06.2015	12:19:59	37.05392	38.38062	36.67801	38.03733
02.06.2015	12:20:09	38.74212	38.51845	38.07066	38.72675
02.06.2015	12:20:19	38.89728	39.39752	38.6385	39.27857
02.06.2015	12:20:29	39.8977	40.50158	39.51662	40.29665
02.06.2015	12:20:39	40.95078	41.39939	40.60225	41.41929
02.06.2015	12:20:49	41.83195	42.59177	41.53358	42.4738
02.06.2015	12:20:59	43.07708	43.57769	42.56926	43.47733
02.06.2015	12:21:09	44.02911	44.5471	43.64042	44.51636
02.06.2015	12:21:19	45.01659	45.65599	44.64336	45.62567
02.06.2015	12:21:29	46.17836	46.55772	45.69909	46.57982
02.06.2015	12:21:39	46.95931	47.44279	46.61713	47.48263
02.06.2015	12:21:49	47.89714	48.43277	47.58792	48.50782
02.06.2015	12:21:59	48.94005	49.61489	48.55952	49.4991
02.06.2015	12:22:09	50.17537	50.85043	49.89678	50.80471
02.06.2015	12:22:19	51.23775	51.6342	50.87029	51.72821
02.06.2015	12:22:29	51.98722	52.40105	51.56615	52.40823
02.06.2015	12:22:39	52.80696	53.44757	52.4888	53.40283
02.06.2015	12:22:49	53.9416	54.56488	53.60392	54.62542
02.06.2015	12:22:59	54.95498	55.54341	54.66776	55.56944
02.06.2015	12:23:09	55.88177	56.43528	55.5754	56.42671
02.06.2015	12:23:19	56.7918	57.41537	56.57113	57.44226
02.06.2015	12:23:29	57.73758	58.25611	57.44528	58.26586
02.06.2015	12:23:39	58.59645	59.13252	58.35509	59.14267
02.06.2015	12:23:49	59.47351	60.18508	59.37072	60.1606
02.06.2015	12:23:59	60.5093	61.11563	60.38724	61.16184
02.06.2015	12:24:09	61.40539	61.97662	61.29935	62.05844
02.06.2015	12:24:19	62.33735	62.9262	62.21219	62.97332
02.06.2015	12:24:29	63.28767	63.77091	63.17847	63.88893
02.06.2015	12:24:39	64.13305	64.68672	64.14555	64.75239
02.06.2015	12:24:49	65.01432	65.60325	64.99021	65.68705
02.06.2015	12:24:59	65.89625	66.48521	65.90596	66.60482
02.06.2015	12:25:09	66.8495	67.36784	66.85768	67.45265
02.06.2015	12:25:19	67.80354	68.25114	67.81021	68.33646
02.06.2015	12:25:29	68.70529	69.13512	68.76351	69.20326
02.06.2015	12:25:39	69.55465	69.93127	69.52318	69.99987

