



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE IMPLANTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0 EN SECTOR GANADERO

Study and analysis of the implementation of industry 4.0  
in the livestock sector

Autor/es

José Antonio Flores Negre

Director/es

María Pilar Lambán Castillo

Jesús Antonio Royo Sánchez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2021

# ESTUDIO Y ANÁLISIS DE IMPLANTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0 EN SECTOR GANADERO

## RESUMEN

La tecnología 4.0 es la industria del futuro y cada día, las empresas de los diferentes sectores deben comenzar a trabajar en transformar sus instalaciones con el fin de conseguir, mediante estas tecnologías, una mejora de sus procesos de producción.

Con este proyecto, se estudiará una transformación de una explotación del sector ganadero dedicado al sector porcino. En dicho estudio se reflejará la situación actual del 4.0 en el sector y se desarrollarán los pasos que se deben llevar a cabo para conseguir tal fin, a la vez que se reflejan los equipos que servirían para medir las variables necesarias de analizar hasta llegar al punto deseado. Finalmente, se realizará una valoración económica del estudio.

Como conclusión se planteará que, esta nueva tecnología puede permitir un aumento de la producción y, sobre todo, de la calidad del producto, al conseguir controlar diferentes puntos que permitan establecer un estado de confort para el desarrollo de los animales.

## ABSTRACT

4.0 technology is the industry of the future and every day, companies in different sectors must begin to work on transforming their facilities in order to achieve, through these technologies, an improvement in their production processes.

With this project, a transformation of the livestock sector dedicated to the pig sector will be studied. This study will reflect the current situation of 4.0 in the sector and will develop the steps that must be followed to achieve this end, while reflecting the equipment that would serve to achieve the necessary variables to be analysed until the desired point is reached. Finally, an economic evaluation of the study will be carried out.

In conclusion, it will be stated that this new technology can allow an increase in production and, above all, in the quality of the product, by controlling different points that allow a state of comfort to be established for the development of the animals.

## INDICE

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | INTRODUCCIÓN .....  | 4  |
| 2.     | OBJETIVO Y ALCANCE .....  | 6  |
| 3.     | DESARROLLO DEL PROYECTO .....   | 8  |
| 3.1.   | 4.0 EN EL SECTOR .....  | 8  |
| 3.1.1. | TECNOLOGÍAS DISPONIBLES O EN DESARROLLO AVANZADO.....                     | 8  |
| 3.1.2. | SMART FARMA 4.0. PAINTEC .....  | 8  |
| 3.1.3. | FIT PIG.....  | 8  |
| 3.1.4. | ¿CAMBIARÁ EL BIG DATA EL FUTURO DE LA GENÉTICA PORCINA Y DEL SECTOR?..... | 9  |
| 3.2.   | CASOS DE ÉXITO .....  | 9  |
| 3.2.1. | AUMENTO DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN UN 18% .....                            | 9  |
| 3.2.2. | TECNOLOGÍA IOT REDUCE EMISIONES DE METANO EN UNA GRANJA. ....             | 10 |
| 3.3.   | INSTALACIONES PILOTO DEL ESTUDIO .....                                    | 11 |
| 3.3.1. | SITUACION INICIAL .....   | 11 |
| 3.3.2. | EMPLAZAMIENTO .....   | 11 |
| 3.3.3. | CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLOTACIÓN .....                                   | 12 |
| 4.     | TRASFORMACIÓN A 4.0.....  | 14 |
| 4.1.   | ESTUDIO DE VARIABLES.....   | 14 |
| 5.     | TÉCNOLOGIA 4.0.....   | 17 |
| 5.1.   | NIVEL SILO DE PIENSO .....  | 17 |
| 5.2.   | NIVEL DEPÓSITO DE AGUA .....  | 17 |
| 5.3.   | CAUDALES DE AGUA.....   | 17 |
| 5.4.   | CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL TRANSPORTADOR EN ESPIRAL.....                 | 18 |
| 5.5.   | ESTADO DE LAS VENTANAS Y DE LAS CHIMENAS.....                             | 18 |
| 5.6.   | NÚMERO DE CABEZAS EN CADA CERRADO Y EN LA NAVE .....                      | 19 |
| 5.7.   | PESO DE LOS ANIMALES A LA ENTRADA Y SALIDA .....                          | 19 |
| 5.8.   | INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....   | 20 |
| 6.     | USO DE LAS VARIABLES SENSORIZADAS.....                                    | 21 |
| 6.1.   | GRUPOS DE TRABAJO .....   | 21 |
| 6.2.   | ¿CÓMO SE PODRIAN USAR LAS VARIABLES OBTENIDAS?.....                       | 21 |
| 6.2.1. | ALIMENTACIÓN .....  | 22 |
| 6.2.2. | SISTEMA DE VENTILACIÓN .....  | 22 |
| 6.2.3. | CONTROL DE NÚMERO DE ANIMALES .....                                       | 23 |
| 7.     | ESTUDIO ECONÓMICO.....  | 24 |
| 7.1.   | INVENTARIO DE LOS EQUIPOS NECESARIO .....                                 | 24 |
| 7.2.   | BALANCE ECONÓMICO.....  | 25 |



|   |    |
|---|----|
| 8. CONCLUSIONES .....                     | 27 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA .....                     | 28 |
| 10. ANEXOS.....                           | 30 |
| ANEXO 1: FUNCIONES DE LA APLICACIÓN ..... | 30 |
| a) MENÚ PRINCIPAL .....                   | 30 |
| b) CLIMATIZACIÓN.....                     | 30 |
| c) ALIMENTACIÓN .....                     | 31 |
| d) ENERGÍA .....                          | 33 |
| e) ALARMAS.....                           | 34 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La Industria 4.0 conlleva consigo la promesa de una nueva revolución que combine técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán en organizaciones, personas y activos <sup>[1]</sup>. Esta revolución está marcada por la aparición de nuevas tecnologías como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial o el “*Internet of Things*” (IoT), entre otros. Si una empresa no es capaz de adaptarse a los cambios y oportunidades que trae la Industria 4.0, corre el riesgo de perder clientes y, por lo tanto, cuota de mercado.

Para las empresas punteras tradicionales, acostumbradas a los datos y las comunicaciones lineales, el cambio que supone esta nueva revolución industrial transformará la forma en que llevan a cabo sus negocios. La integración digital de la información desde diferentes fuentes y localizaciones permite llevar consigo negocios en un ciclo de continuidad, lo que le da la capacidad a la empresa de continuar entregando producto y servicio tras una interrupción.

La industria 4.0 puede mejorar las operaciones de negocio y el crecimiento de los ingresos, transformado los productos, la cadena de suministro y las expectativas de los clientes. Es probable que dicha revolución cambie la forma en que se hacen las cosas, pero también podría afectar cómo los clientes interactúan con ellas y las experiencias al interactuar con las empresas.

Pero el sector primario se está quedando un poco rezagado en el desarrollo de la tecnología 4.0 <sup>[2]</sup>. Las tecnologías que están potenciando al sector secundario, parece que no llegan al sector primario de una manera equitativa. La aplicación de estas tecnologías permitiría aumentar la productividad de manera llamativa en todas las áreas del sector. Las tecnologías que pueden encontrarse en la industria 4.0 son perfectamente aplicables a la agricultura, ganadería, pesca y minería, e incluso se añaden algunas que no son tan útiles en industria, como por ejemplo es el caso de la teledetección por satélite, que tienen gran proyección en la pesca y la minería.

El “*Internet of Things*” (IoT) permite que todos los equipos estén conectados a internet, enviando los datos de los que se han tomado medidas a una red creada <sup>[3]</sup>. El IoT ya dispone de diversas variantes que permiten desplegar sensores cubriendo grandes extensiones y dotarles de conectividad con bajo consumo de energía y a muy bajo coste. Esta tecnología permite obtener información instantánea de variables ambientales (luz, temperatura, humedad), de nutrientes en el suelo e incluso de desarrollo de los cultivos. Esto se puede complementar con análisis de imágenes mediante drones y satélites. Con toda esta información se pueden tomar decisiones de actuaciones concretas, ahorrando fertilizante, agua o cualquier materia prima que se necesite.

Si a esto se añade las arquitecturas de “*big data*” y “*machine learning*” con las que analizar todos los datos obtenidos, se pueden realizar estudios a medio y largo plazo, sacando conclusiones de resultados históricos y mejorando la productividad de manera muy detallada. La automatización industrial llevada a la agricultura tendría el ejemplo del autoguiado de los vehículos agrícolas. Esta tecnología permitirá una muy alta precisión en todos los procesos productivos agrícolas, con muy poca desviación y asegurando la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos, así como la reducción en el uso de mano de obra.

En el sector primario también se puede encontrar el mundo de las explotaciones ganaderas <sup>[4]</sup>. La industria 4.0 para este sector deja equipos como collares inteligentes que proporcionarían información sobre dónde se encuentran las reses o vallados virtuales en los que el ganadero acota un espacio geográfico de pastoreo y, una vez establecido, el collar emitiría un pitido o una pequeña descarga eléctrica si sobrepasan ese espacio delimitado.

Hay sensores que captan información en los comederos, proporcionando información de los animales y de sus condiciones en cuanto a alimento sólido y líquido. Otro tipo de sensores que se utilizan en la ganadería 4.0 son los de movimiento cuyo objetivo es detectar la presencia de amenazas en los límites de nuestra explotación, como pueden ser posibles depredadores.

En lo que se refiere a la robotización de la ganadería 4.0, existen robots de ordeño automatizados, otros que depositan la comida en los comederos o sistemas para barrer de forma automática. Hay equipos robotizados capaces de elaborar las operaciones a realizar por sí mismos.

La inteligencia artificial también tiene su papel en la ganadería inteligente con el uso de visión artificial para observar comportamientos anómalos en los animales, algoritmos para analizar la información procedente de sensores IoT capaces de medir indicadores biométricos o relacionados con el consumo energético en las granjas.

Como se observa, el sector primario, tanto en el ámbito de la agricultura como en el mundo ganadero, no son inmunes del potencial que plantea la industria 4.0 en su conjunto. Ciertamente es que son muchos los pasos que se deben dar para conseguir alcanzar el nivel que esta industria del futuro tiene ya en otros sectores, pero poco a poco irán trabajando con estas tecnologías de una forma habitual y notoriamente más eficiente.

## 2. OBJETIVO Y ALCANCE

La industria inteligente comienza a estar presente de una forma globalizada en todos los sectores industriales, pero sobre todo en el secundario. Las fábricas y cadenas industriales están invirtiendo grandes sumas de sus beneficios en transformar sus viejas instalaciones en grandes fábricas que lo analizan y controlan todo, generando una gran base de datos (*“Big Data”*) que permite hacer un minucioso estudio de las producciones que se realizan en la empresa.

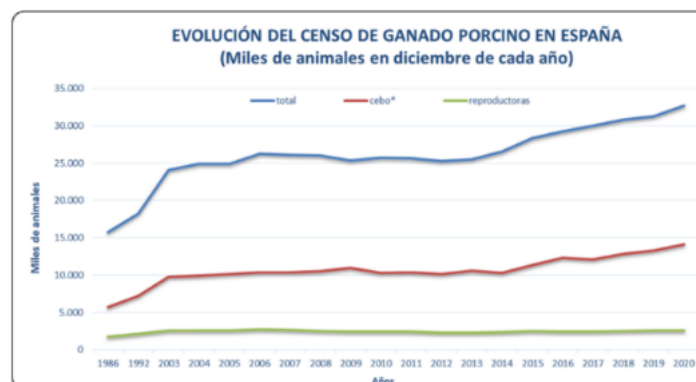
El abanico de oportunidades que presentan estas tecnologías permite llevar el análisis desde un punto de vista económico, verificando cómo de eficaz es el proceso de producción con el que se trabaja; como también se sería capaz de, por ejemplo, valorar el impacto medio ambiental.

En la introducción ya se comentó que el sector primario está comenzando a dar sus primeros coletazos trabajando con la tecnología 4.0. La agricultura lleva un poco más la delantera sobre la ganadería, pero poco a poco la diferencia es menor, pues se empieza a plantear lo útil que podría ser la tecnología 4.0 para controlar la trazabilidad de cualquier producto.

Desde el Gobierno de España existe una *“Estrategia de digitalización del sector agroalimentario”* <sup>[5]</sup> que presenta como objetivos principales REDUCIR LA BRECHA DIGITAL, FOMENTAR EL USO DE DATOS e IMPULSAR EL DESARROLLO EMPRESARIAL Y LOS NUEVOS MODELOS DE NEGOCIOS. En ese mismo documento encontramos que *“el sector agroalimentario está constituido por unas 900.000 explotaciones agrarias y más de 31.000 empresas alimentarias”*, las cuales se considerarán clientes potenciales de esta tecnología que está implantándose en la industria española y mundial.

El objeto del proyecto se centrará en el sector ganadero, el cual en España se ve englobado principalmente en sector bovino, ovino-caprino y porcino. Tras diferentes baremaciones se decide hacer el estudio sobre explotaciones del sector porcino. Según las encuestas que realiza el estado español sobre este sector, en 2020, en España, existían 29.210.117 <sup>[6]</sup> cabezas de este animal. Este sector se encuentra muy concentrado en la zona noreste de la península, teniendo un gran porcentaje de las cabezas entre Aragón y Cataluña.

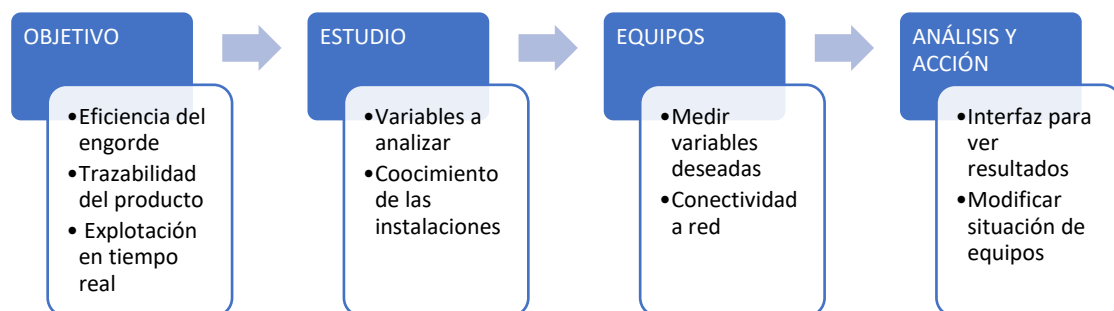
**Con los datos que se plantean, se decide realizar el estudio de transformación a 4.0 de una explotación ganadera del sector porcino.** El siguiente paso, conociendo los diferentes tipos de explotaciones que hay dentro del porcino (maternidad, destete y engorde o cebado) se valora que las instalaciones potenciales para este estudio de desarrollo son las que se dedican al **cebado de los animales**.



Fuente: SG Análisis, Coordinación y Estadística (MAPA). Elaboración: SG Producciones Ganaderas y Cínicas MAPA.

En Aragón existen alrededor de 3.356 explotaciones de cebado porcino (según datos de noviembre de 2020) <sup>[2]</sup>. Este valor da muestras de que es un sector que puede abrir un gran campo de actuación.

El estudio solicitado por una empresa de cómo transformar la explotación a una “granja 4.0” comenzará con el planteamiento inicial de saber cuál es el objetivo llevando esta nueva tecnología a la explotación. Después se analizará qué variables son las que se querrán conocer de las instalaciones sobre la que se va a actuar, es decir, qué valores medir como base de la información a conocer de la granja. El siguiente punto será con qué equipos se pueden medir esas variables deseadas y lo último será valorar cómo se analizan y usan esas medidas que han tomado los equipos. Como punto final se hará un estudio económico de todos los elementos que toman parte para conseguir la transformación de las instalaciones estudiadas. (Ilustración 1)



*Ilustración 1: Pasos a seguir del estudio de implantación (Elaboración propia)*

Como conclusión, el estudio que valorará la transformación de unas instalaciones a la tecnología 4.0, se realizarán sobre una explotación porcina dedicada al cebado de los cerdos que en ella se crían, con el objetivo de conseguir que el propietario de la explotación conozca el estado de cada uno de los equipos que hacen funcionar la granja en tiempo real, y valorar la eficiencia del proceso de cebado sobre los animales de la explotación.



### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Tras establecer que el foco del estudio a realizar será una explotación porcina de cebo, se desarrollará el cómo se realizaría la transformación de la explotación “piloto” en una explotación que sea capaz de analizar diferentes variables y que permitan dar a conocer al ganadero el estado de sus instalaciones en tiempo real mediante sensores y equipos específicos para ello.

#### 3.1. 4.0 EN EL SECTOR

El sector agroalimentario comienza a tener algunos casos de estudio en que esta tecnología toma gran importancia y se muestra como una herramienta futura.

##### 3.1.1. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES O EN DESARROLLO AVANZADO

Continuamente van apareciendo nuevas tecnologías para poder controlar diferentes variables y elementos necesarios para aumentar la producción o controlar los equipos instalados. A continuación, se hará un listado con alguno de las tecnologías disponibles hasta la fecha <sup>[8]</sup>.

- Sensores: útiles para cualquier cosa como por ejemplo control de temperatura, humedad, concentración de CO<sub>2</sub>. Sensores de nivel, de consumos son otros ejemplos.
- Cámaras 2D y 3D: su principal función es la toma de imágenes para después facilitar tareas como detección de problemas en animales como puede ser cojeras o que se mueven poco al igual que permitiría ver comportamientos agresivos.
- Acelerómetros: usado para conocer la actividad del animal, conociendo sus tiempos de actividad y de descanso.
- Elementos para medir temperatura corporal: en la actualidad muy usado para accesos y control de fiebres que puedan indicar posible contagio de virus. En su aplicación sobre animales, la idea sería la misma, pues permitirá evitar problemas patológicos y reacciones a vacunas.
- Sistemas de identificación animal: Para este fin la tecnología permite elegir entre diferentes formas de trabajo, pues en la actualidad el RFID (chip) es el más conocido y usado, pero también se podría utilizar el reconocimiento facial (aplicando la misma tecnología que para humanos) y el reconocimiento de imagen (lectura del número el crotal

##### 3.1.2. SMART FARMA 4.0. PAINTEC

Desde Paintec dedican todos sus conocimientos a realizar transformación digital en el sector agrícola y a trabajar con lo que se denominará “Agricultura analítica” <sup>[9]</sup>, con la cual se recopila, procesan y analizan un gran volumen de datos captados vía satélite, con vuelos de drones o sensores ubicados estratégicamente en el campo, usados para un control de la salud y desarrollo de los cultivos. Pero además de en la agricultura, Paintec ha comenzado a interesarse por el sector agroalimentario y está comenzando a desarrollar un estudio basado en “digitalización y monitorización de cerdos en intensivo”, mediante diversos sensores que devuelvan la temperatura corporal del cerdo, los ambientes dentro de la granja y el control de emisiones en el exterior de la explotación. La finalidad principal que busca Paintec será tener una capacidad de reacción lo más precoz posible en caso de enfermedad de un animal, evitando muy probablemente su fallecimiento y, sobre todo, en caso de una enfermedad contagiosa, que se pase a los demás cerdos del corral.

##### 3.1.3. FIT PIG

Otro caso de aplicaciones de 4.0 en el sector porcino es el planteado por HOPU, empresa puntera que está especializada en un monitoreo escalable y avanzado con diversas

combinaciones de sensores en línea. Pues bien, HOPU <sup>[10]</sup> valora el bienestar animal en producciones a gran escala no se cuida tanto. Propone para solventarlo diferentes herramientas, como una marca auricular (crotales) RFID/IoT que proporcionan a los ganaderos alarmas basadas en el contexto y apoyo a la toma de decisiones. Estos sensores que plantea HOPU incluye características capaces de monitorizar la salud y comportamiento de los animales. También se usa un acelerómetro para monitorizar la actividad. La innovación de este proyecto radica en el uso de un sensor para controlar la frecuencia cardíaca de los cerdos en la granja

#### 3.1.4. ¿CAMBIARÁ EL BIG DATA EL FUTURO DE LA GENÉTICA PORCINA Y DEL SECTOR?

El presidente de Anaporc, Eduardo González, se plantea esta pregunta sobre la influencia que podrían llegar a tener las tecnologías 4.0 en el sector. En su artículo <sup>[11]</sup>, Eduardo se valora que será complicado hacer ver a los ganaderos que, a largo plazo, estas tecnologías permitirán mayores producciones en sus explotaciones.” *El análisis de Big Data es la disciplina de explorar y analizar grandes conjuntos de datos de diversos tipos y fuentes, estructurados y no estructurados, para revelar patrones y correlaciones que ayudan a traducir estos datos en información y predicciones. [...] También en la producción animal, la recolección de mediciones diarias de una manera más estructural proporciona nuevas formas de optimizar las cadenas de producción. Aunque muchos dispositivos tienen el potencial de recopilar mediciones cada minuto o segundo, la mayor parte de esta información aún no se ha utilizado en todo su potencial.*” En la opinión de Eduardo, la recopilación de gran cantidad de datos y la realización de análisis más detallados, proporcionarán una información interesante para conseguir una mayor sostenibilidad y eficiencia en la producción futura del sector porcino.

### 3.2. CASOS DE ÉXITO

La industria 4.0 en el sector primario ya está dejando casos de éxito tras su implantación en distintas explotaciones que permiten darse cuenta de las grandes posibilidades que abre esta última revolución industrial en la que ha entrado el mundo. Así, se muestran dos casos de éxito en los cuales se ve que gracias a la tecnología 4.0 se puede aumentar producción y controlar emisiones de gases.

#### 3.2.1. AUMENTO DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN UN 18%

Para ayudar a los productores de alimentos a enfrentar los desafíos que se avecinan, la empresa rusa ALAN-IT desarrolló un servicio de gestión de producción de productos lácteos Dairy Production Analytics (DPA). DPA facilita también información sobre las condiciones ambientales a los equipos de veterinarios, tales como temperatura, humedad, presión, salud de la vaca y otros parámetros.

DPA se ha implementado en uno de los clientes de Mustang, la granja Voshazhnikovo. Esta granja cuenta con unas 4.500 vacas lecheras. Antes de la implementación, solía producir 125 toneladas de leche al día, casi 28 litros por vaca y día.

Para mejorar el rendimiento, DPA recopila datos con fuentes externas: estación meteorológica y sensores por Libelium (temperatura, presión, velocidad y dirección del viento, precipitación, nivel de humedad, iluminación), etiquetas RFID, sistema ERP, informes Excel y diferentes fuentes de datos externas a la plataforma de datos basada en la nube en la granja.

Como resultado, se encontró la correlación entre la temperatura, la nutrición. DPA descubrió que, si la temperatura disminuye en la granja, las necesidades de alimento de la vaca aumentan. El sistema advierte al personal sobre estos cambios y los agricultores reciben notificaciones. Con una alimentación adecuada, la producción de leche aumenta. Como resultado, la granja

Voshazhnikovo obtiene mejores cifras: el ahorro en la alimentación de 2000 vacas lecheras es de 340.000€ por 180 días <sup>[12]</sup>.

Este proyecto está diseñado para predecir la reproducción del rebaño, la producción de leche y las enfermedades animales en función de una combinación de factores externos e internos, datos estadísticos, indicadores económicos, información del personal y datos de laboratorio. Permite no solo reducir los costos asociados con el mantenimiento de la salud de las vacas, la mano de obra y la reproducción, sino también las tareas estratégicas del negocio: ampliar la producción, abrir nuevas unidades, etc.

En enero, tres meses después de implementar DPA, la producción de leche en la granja Voshazhnikovo aumentó a 33 litros por vaca y día, esto es un impresionante 18% más que en los meses anteriores (28 litros por vaca y día).

### 3.2.2. TECNOLOGÍA IOT REDUCE EMISIONES DE METANO EN UNA GRANJA.

La ganadería contribuye sustancialmente a la economía mundial al proporcionar alimentos, empleo y seguridad financiera a miles de millones de personas en todo el mundo. Pero está en el punto de mira por su alta contaminación. La contaminación agrícola es aquella que se libera al medio ambiente fruto del cultivo y la cría de ganado, cultivos alimentarios, alimentos para animales y cultivos de biocombustibles.

El desafío que se planteaba era lograr un equilibrio entre la producción de alimentos para todo el planeta y conseguir mantener bajas las emisiones de gases y agentes contaminantes <sup>[13]</sup>. Para conseguirlo, en Nueva Zelanda están investigando con una vacuna que actúa contra ciertos microbios intestinales responsables de producir metano a medida que los animales digieren su comida.

Por otro lado, Beia, distribuidor de las soluciones IoT de Libelium en Rumanía, están haciendo uso de la tecnología IoT en un proyecto que busca disminuir las emisiones derivadas de la ganadería intensiva mediante la optimización de la producción ganadera.

La Milanovici Farm, ubicada cerca de la ciudad Alexandria, en el sur de Rumanía, tiene aproximadamente 1200 cabezas de ganado, por lo que la hace ideal para un proyecto IoT de Smart Farming de este calibre.

En una granja del sur de Rumanía con unas 1200 cabezas de ganado vacuno, se han instalado dos estaciones de Libelium para monitorizar varias variables:

- El entorno de la granja (temperatura, humedad, sensores de gas (NOx, COx, CH4, NH3, etc.))
- El animal (acelerómetro, sensor de movimiento, sensor de peso, etc.)
- La alimentación (sensor de flujo, sensor de peso, sensor de humedad, etc.)

La monitorización utilizando la infraestructura IoT (que incluye los sensores y dispositivos de red para la transmisión de datos) permite una recopilación precisa de todos los datos susceptibles de ser capturados en una granja ganadera.

Los datos capturados por los sensores de la solución de Smart Environment de Libelium se transmiten por doble radio (LoRaWAN y WiFi) a FarmSustainaBI Cloud. Los parámetros monitorizados en las instalaciones de la finca proporcionan datos estructurados y relevantes para el apoyo en la toma de decisiones con el propósito de optimizar los procesos a nivel de la finca.

Estos datos se recopilan y analizan en una plataforma web para dar recomendaciones a las partes interesadas de la ganadería (agricultores, consultores, etc.) con el fin de tomar decisiones de gestión para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para concluir, se puede decir que la tecnología 4.0, aunque aplicada en los casos de explotaciones de vacuno, abre un abanico de posibilidades de análisis de producciones, de eficiencias y de control de emisiones muy interesantes para el futuro del sector ganadero.

### 3.3. INSTALACIONES PILOTO DEL ESTUDIO

#### 3.3.1. SITUACION INICIAL

Se solicita un estudio sobre una explotación ganadera del sector porcino para ver cómo conseguir una transformación de ésta hacia unas instalaciones más modernas, intentando llegar a una monitorización de sensores ubicados por la instalación y que permitan al ganadero conocer en tiempo real la situación de su explotación

El estudio se realizará en una explotación dedicada al cebado o engorde que estén ubicadas por la zona de Aragón. El proceso de cebo se basará en alimentar a los animales a base de piensos específicos para ello durante unas 18 semanas, tiempo comprendido entre el destete y la venta para el matadero; teniendo como objetivo promedio el llegar entorno a los 110 kilogramos de cada animal.

#### 3.3.2. EMPLAZAMIENTO

La explotación para la que se realizará este estudio se situará en el municipio de Sierra de Luna, en la provincia de Zaragoza, a unos 50 km de la capital. Estas tierras de la llamada “Comarca de las Cinco Villas” posee un elevado número de las explotaciones presentes en la comunidad de Aragón.

Su ubicación le da unas características climáticas un poco extremas pues en invierno en esta localidad zaragozana llega a un valor medio de 1-2°C y en verano puede llegar a los 31-32°C. Por lo general, se trata de una zona notoriamente seca con pocas lluvias y un ambiente más bien de bochorno <sup>[14]</sup>.



Ilustración 2: Localización de la explotación piloto (Capturas de pantalla Google Maps)

### 3.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLOTACIÓN

La explotación porcina tiene tres grandes naves donde se encuentran los animales este periodo de cebado. Las tres naves son idénticas con una longitud de 125 metros y 16 de ancho. Con una capacidad total entre los tres recintos de 6615 animales, es una de las más grandes explotaciones de la provincia zaragozana, ya que para este tipo de explotaciones ganaderas el número máximo a criar son 7200 cerdos <sup>[15]</sup>. Cada una de las naves está dividida por la mitad; así pues, el estudio se realizará en un total de 6 naves.

Los animales serán alimentados a través de pienso que estará almacenado en 12 silos con una capacidad de 19.000 kg cada uno. Cada una de las mitades de las naves grandes estará nutrida por dos silos.

En cuanto al agua, dispondrá de una balsa que se llenará dos veces al año (más o menos) a partir de una acequia cercana. Mediante bombeo, se llenará un depósito elevado que nutrirá los bebederos de los cerdos a donde llegará por gravedad, si necesidad de equipos de impulsión intermedios.

La explotación contará también con una balsa para los purines donde se van almacenando hasta ser usado de la forma pertinente posteriormente. Actualmente es uno de los mayores problemas, pues desde las diferentes administraciones van imponiendo diversas normativas para que no contamine tanto este compuesto generado en las explotaciones porcinas.

La nave fue construida en el año 2015, desde entonces la tecnología ha avanzado mucho y sobre todo en el ámbito del 4.0, por ello habrá equipos que estén desfasados. Cada nave de la explotación poseerá un número elevado de comederos que estarán nutridos a través de un transportador de espiral, el cual lleva el alimento desde los silos hasta cada uno de los comederos.

En cuanto al sistema de hidratación de los cerdos, los equipos usados son los que se conocer vulgarmente como “chupetes”. Estos bebederos son metálicos y, aunque son resistentes, pueden romperse al ser golpeados por los animales, pudiendo ocasionar fugas de agua de forma descontrolada. La granja por estudiar, como ya se verá, posee los chupetes y los comederos en un mismo equipo, por lo que es más complicado que se dañen.

La temperatura dentro de la instalación es uno de los puntos principales para el desarrollo favorable de los animales. Las ventanas que hay instaladas en la explotación estarán motorizadas de tal forma que su apertura y su cierre se realizan a través de una sirga unida a un motor. Los equipos más modernos de la explotación se encuentran ligados a este punto. Se trata de unos controladores que se podrán aprovechar, pues poseen todas las características necesarias para el control de la temperatura que se buscaban.

La ventilación también es un punto para tener en cuenta. La instalación que se analiza posee chimeneas colocadas en el tejado, con la función de renovar el aire. Junto con las ventanas se crea un flujo de aire, haciendo que los gases del interior salgan y se genere un ambiente de confort para los animales.

La explotación dispone de un grupo electrógeno que usan para accionar los motores de los tornillos sin fin que moverán los alimentos desde los silos hasta los comederos. Este grupo también se usará para la impulsión del agua de la balsa al depósito de almacenamiento. En la

actualidad, el dueño de la explotación va habitualmente para ponerlo en marcha y que los diferentes equipos se pongan en funcionamiento.

Además de contar con el grupo electrógeno, la explotación dispondrá de un número no muy elevado de placas solares pero capaces de alimentar 16 baterías colocadas en serie, y que su principal función será la de nutrir de luz a los motores que accionan las ventanas de las naves y la apertura de las chimeneas ya que su consumo no es muy elevado y deben de estar continuamente conectados a la luz para poder ir regulando la temperatura interior.

No es una explotación que posea equipos muy sofisticados, están la gran mayoría en buenas condiciones, pero es cierto que para el objetivo que se busca conseguir, esos equipos no son útiles. Se deberá plantear el sustituirlos por unos acordes a las necesidades.



## 4. TRASFORMACIÓN A 4.0

Una vez descritas las instalaciones y los equipos que posee la explotación piloto, lo que se plantea es lo que se podrá valorar como la transformación de las instalaciones a una industria 4.0. Para comenzar, se querrá saber cuáles son los valores o datos deseados a conocer de las instalaciones, cuáles van a ser los puntos a controlar. Cuando se disponga de esos aspectos, se planteará qué equipos existen (sensores) en el mercado para poder analizar cada punto que se han pensado como susceptibles de sensorizar.

La industria 4.0 permite crear unos sistemas que lanzan alertas. Éstas saltarán en función de los valores que el ganadero o los proveedores de equipos recomienden que deben trabajar los diferentes elementos que se analizan. Así pues, se deberá analizar también los valores entorno a los que trabajan los diferentes sensores y así, si existiera algún problema, que el ganadero pudiera conocer la información al instante.

En la explotación un elemento básico del que no dispone actualmente será la posibilidad de establecer conexión a una red WiFi que permita tener el dispositivo móvil u ordenador conectado de forma telemática a cada uno de los equipos. Hay que contar que es una extensión que se encuentra en el entorno rural y en mitad del campo, así que este será un punto muy fuerte que debemos solucionar para que el proceso de la implantación tenga éxito. En la actualidad es cierto que existen soluciones. Es una explotación en la que con un móvil sí que se tiene cobertura, lo cual permite plantear una solución, la cual podría ser crear una red WiFi propia con un router vinculado a una compañía de teléfono y con una tarjeta SIM se podría conseguir este fin.



*Ilustración 3: Hilera de silos que almacena el alimento de la explotación (Avicultura)*

### 4.1. ESTUDIO DE VARIABLES

Con todo descrito, comienza el análisis de qué variables se van a querer medir en cada punto de la explotación.

Se comenzará el análisis de instalaciones por los silos (Ilustración 3). Principalmente lo que se va a desear conocer de estos equipos será su nivel <sup>[16]</sup>, tener la información de cuál es la cantidad de pienso que queda en el silo en cada momento para así, poder realizar los pedidos a la fábrica productora de este producto con una anterioridad suficiente que impida que se quede sin suministro de alimento para los animales en ningún momento.

Una vez dentro de las naves de los animales, unos de los elementos importantes a controlar será el tubo que transporta el pienso (Ilustración 4) desde los silos hasta los distintos comederos



*Ilustración 4: Transportador en espiral que empuja el pienso hacia cada comedero (Fotografía propia)*

distribuidos por toda la nave. El pienso circulará mediante el transportador en espiral (tornillo sin fin). En este equipo, el principal problema que puede ocurrir sería que, en un punto intermedio del tubo se produjese un atasco o una rotura que impidiese llegar pienso a la zona final, y por lo tanto, los cerdos de esta zona no se alimentasen. Será deseable situar sensores en diversos puntos del transportador que nos permitan conocer la correcta circulación del alimento por el mismo.

En cuanto a la hidratación de los animales. El depósito del que dispone la explotación estará sensorizado de tal forma que, como en el caso de los silos, la finalidad será conocer su nivel. Se llenará mediante una bomba que impulsa agua almacenada en una balsa situada cerca y que habrá sido llenada con agua proveniente de una acequia cercana. El depósito, que nutrirá las distintas naves, al estar a una cota superior, suministrará el agua hasta las naves sin ningún tipo de equipos de impulsión, sino únicamente por la acción de la gravedad.

El sistema de hidratación es uno de los más importante dentro de la explotación, nunca deben quedarse sin suministro de agua los animales, pues es un medio de introducir medicación y el cerdo es un animal que se hidrata mucho, pues en la fase final de engorde cada cerdo puede llegar a consumir de media entre 4 a 4,5 l/kg <sup>[17]</sup>. Por ello los puntos a controlar en el circuito de aguas serán los caudales instantáneos que circulan hacia cada nave.

La temperatura, los gases y la humedad también serán valores que se deseará conocer y poder controlar desde cualquier dispositivo. Así, la temperatura se controlará con sensores térmicos en diversos puntos de la nave, haciendo una media de todos los puntos sensorizados. Otras unidades serán la humedad y los gases (calidad del aire) que, al igual que la temperatura; se medirá en diversos puntos y con la media podremos saber si es óptimo el ambiente que hay dentro de la nave para el correcto desarrollo de los animales. En las instalaciones actuales estas variables ya están debidamente sensorizadas, por lo que únicamente se deberán extraer esos datos al software que se desarrolle.

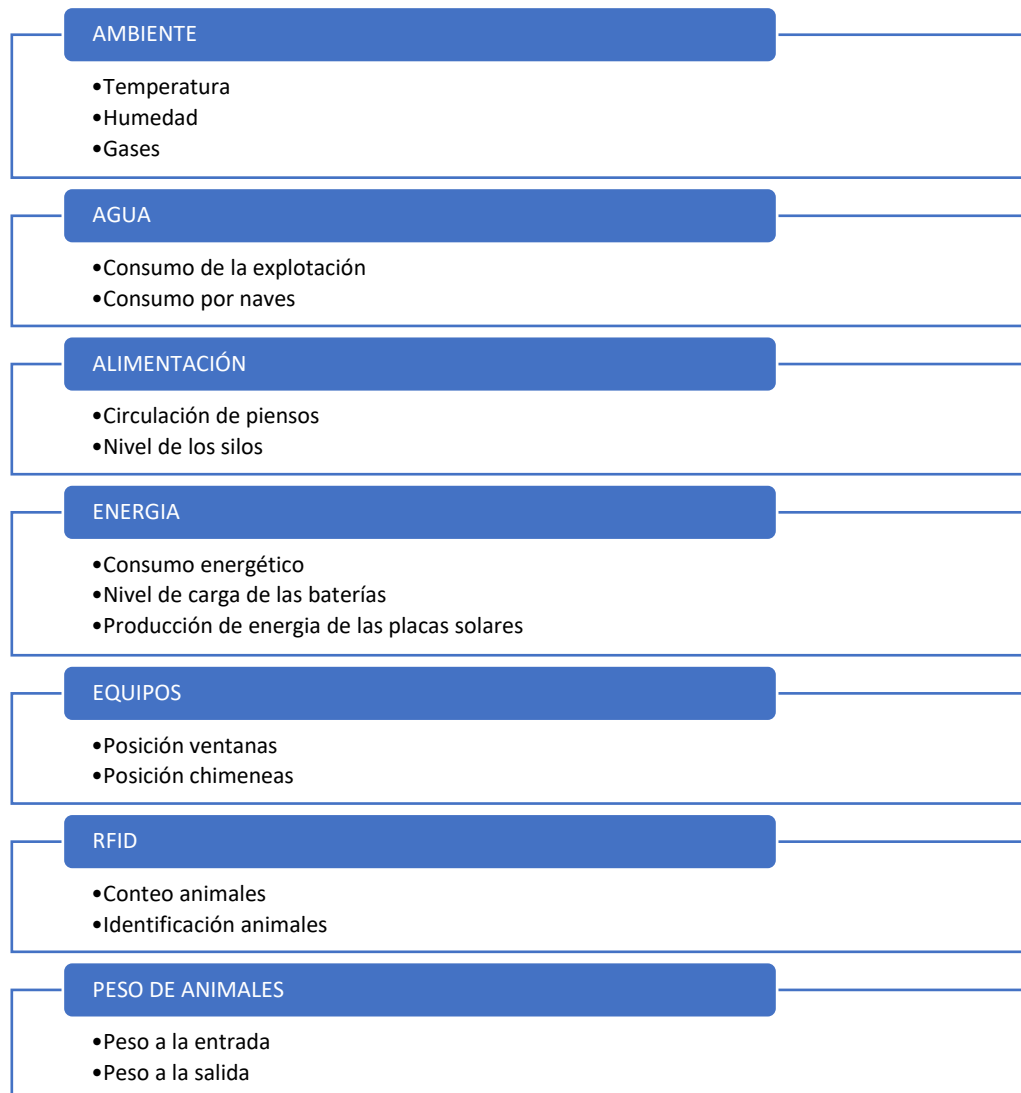
En cuanto a los valores energéticos, la explotación no dispone de suministro eléctrico de la red, sino que depende de grupo electrógeno y de placas solares. Se analizará el valor energético que producen estas últimas y el consumo de las instalaciones. Por otro lado, y evitando mayores problemas, se controlará el estado de las baterías con sensores que valoren la carga que le quedan y lo más importante, analizan la temperatura, evitando así una posible sobrecarga o un defecto.

Hay tecnologías que la explotación piloto no tienen todavía, como por ejemplo un control sobre el número de cabezas que hay en cada una de las naves y, dentro de ellas, en cada uno de los cerrados o corrales en los que cohabitan los cerdos. Esta estrategia de control del animal es ideal para poder mantener la trazabilidad de con qué animales ha estado en contacto cada cerdo dentro de las instalaciones en caso de algún problema de salud.

A un largo plazo la explotación querrá saber cómo de rentable es, por ello lo ideal es conocer cuál es el peso de los animales a la entrada y a la salida y ver si el proceso que ha seguido todos esos meses de engorde han sido productivos o si debe cambiar cosas.



Como resumen un listado con las principales variables que se analizarán y se querrá conocer de la explotación sobre la que se ha planteado el estudio (Ilustración 5).



*Ilustración 5: Resumen de las variables a analizar (Elaboración propia)*

## 5. TECNOLOGIA 4.0

Para poder medir las variables que se han planteado analizar, se deberán instalar equipos que permitan analizarlos y poder trabajar con ellos a nuestro interés. Han de ser capaces de conectarse a una red WiFi instalada en la explotación y que, mediante un servidor y una base de datos, a través de una aplicación el propietario de la explotación sea capaz de visualizarlas.

A continuación, se describen los equipos globales que podremos usar y, más adelante, en el estudio económicos se plantearán de una forma más específica los equipos nombrando la marca y modelos.

### 5.1. NIVEL SILO DE PIENSO

En el caso de los silos se va a desear tener un conocimiento del nivel de pienso que hay en el interior de una forma continua, con la finalidad de poder prever cuando será necesario realizar un pedido de comida para nuestros animales sin que se produzca una ruptura de stock. Así que para obtener datos de esta medida instalara en el silo un sensor de lectura por láser (Ilustración 6).



*Ilustración 6: Equipo medidor de nivel (ServiPorc)*

Se busca un sensor que funcione sin cables, cuya resistencia a la intemperie sea alta, que permita conexión a servidor y que posea la capacidad de generar alarmas que notifiquen un nivel crítico de pienso en el interior.

La funcionalidad extra que le daremos a esta información es que el granjero pueda compartir los datos de cada uno de los silos con la fábrica de piensos. Con esta acción la fábrica puede saber qué tipo de pienso va a cada silo, ya que igual en la granja no queremos los mismos tipos de pienso para cada nave de cerdos. A su vez, ayudará a la fábrica de piensos a conocer cuáles son los niveles de producción que debe realizar y hacerse así una mejor planificación anual.

### 5.2. NIVEL DEPÓSITO DE AGUA

Mantener un control sobre la cantidad de agua que va quedando en el depósito por si tuviésemos que bombear agua desde la balsa, será la principal función del sensor de nivel que se coloca en el depósito de agua. La tecnología que se valora será un sensor similar al de los silos de piensos. Una función que se podría analizar sería este proceso automatizarlo, pudiendo configurarlo imponiendo unos márgenes de trabajo, uno superior y otro inferior. Con estos márgenes se podría activar y desactivar la bomba de impulsión del agua de la balsa sin necesidad de ir a la explotación.

### 5.3. CAUDALES DE AGUA

Los circuitos de agua estarán divididos en tres ramas, uno para cada una de las naves que dispone la explotación. Se deseará conocer cuál es la cantidad de agua que beben los animales. Para ello se colocan 4 caudalímetros (Ilustración 7), uno para cada una de las naves, y el cuarto en la salida del depósito, para controlar que no haya fugas intermedias que puedan producir una falta de suministro aguas abajo del circuito.



*Ilustración 7: Caudalímetro magnético inductivo*

#### 5.4. CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL TRANSPORTADOR EN ESPIRAL



Ilustración 8: Sensor de paro (growketiendaonline)

Valorar cuál es el correcto funcionamiento se considerará como que el pienso llega al final de la nave, para ello se coloca un sensor de presencia al final del tubo que transporta el alimento de los animales, de tal manera que así, si llega el alimento, se verifica la inexistencia de tapones a lo largo del sinfín y que circula sin mayor problema el pienso a lo largo de toda la nave, haciendo que ningún animal se quede sin comer. El sensor pensado se ubicaría al final del recorrido y su funcionamiento será mandar una señal al controlador, el cual detendría el motor

de avance del transportador. El sensor sería el denominado “Sensor de paro” (Ilustración 8).

Las tolvas llevan consigo unos mecanismos que al llegar a ese punto impiden la carga de más piensos, por ello consideramos que no es necesario sensorizar todos los comederos de la granja, pues dispararía el presupuesto de transformar la granja.

#### 5.5. ESTADO DE LAS VENTANAS Y DE LAS CHIMENAS

Aunque trabajaran por separado, el mecanismo con el que funcionan estos dos elementos serán el mismo. Así pues, de estos elementos se querrá conocer cuál es la posición de apertura (lo valoraremos en porcentaje, siendo 0% cerradas completamente y 100% abiertas).

La operación deseada a realizar con las ventanas es automatizarlas de tal forma que estando conectadas con los sensores de temperatura y de calidad del aire, el sistema realice las estimaciones oportunas y se accione la apertura o clausura de las ventanas y las chimeneas con tal de conseguir el mayor estado de confort para el desarrollo de los animales.

Para ello, todos los equipos que actúen en esta automatización se deberán estar conectados a las baterías cargadas con las placas solares, pues es un sistema que trabajará las 24 horas del día y que habrá que evitar su dependencia sobre el grupo electrógeno. En principio no debería de haber mayor problema, pues los consumos que conllevan los motores que accionan las ventanas y las chimeneas no tienen un gran consumo.

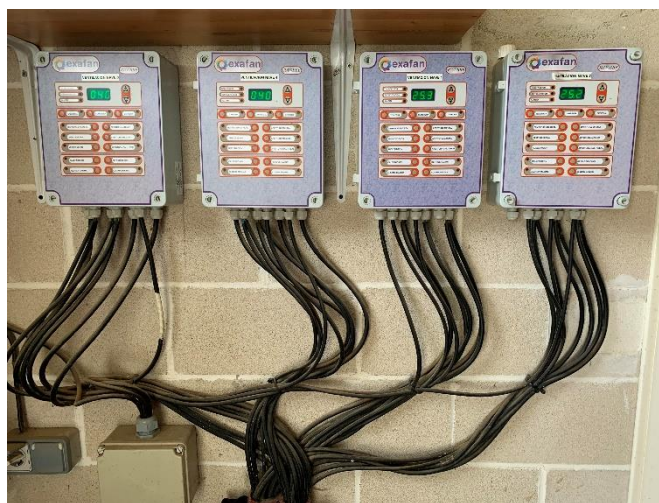


Ilustración 9: Controlador equipos de ventilación (Fotografía propia)

El proceso automatización que dispondrá la explotación para controlar la temperatura, la calidad del aire y la humedad se desarrollará más adelante en donde se valora cuál es el uso que se le dan a los datos que se obtienen en los equipos instalados.

## 5.6. NÚMERO DE CABEZAS EN CADA CERRADO Y EN LA NAVE



*Ilustración 10: Crotales con tecnología RFID  
(DipoleRFID)*

A lo largo de los meses de crías el ganadero quiere saber el número de lechones que entran y si coincide con el número de berracos que salen de su explotación. Obviamente, en la actualidad este proceso es un conteo manual pero hoy en día existe la tecnología RFID que permite controlar el número de cabezas que tenemos en las instalaciones. Esta tecnología, además de para contar, permitirá tener una trazabilidad de, en caso de que un animal salga enfermo o existiera un problema de salud pública, saber con qué otros cerdos han estado

conviviendo durante su cría y hayan podido ser contagiados de esa enfermedad.

El chip de la tecnología RFID <sup>[18]</sup> se coloca en los crotales (Ilustración 10) ubicados en las orejas de los cerdos. Al ser descargados del camión, los cerdos pasarán por la puerta con un lector RFID que detectará qué animal entra, registrando así su entrada con fecha y hora exacta y teniendo un control de los animales de forma individual.

Los cerdos, al venir con los crotales de la explotación de destete traerán ya con ellos una ficha en la que aparecerán todos los datos de su nacimiento, controlando la trazabilidad de los ascendientes que tiene, la fecha en la que nació y toda la información que la granja de origen considere necesaria. Al escanear su chip, simplemente se añadirá una línea más a la vida de cada animal.

El mismo proceso se realizará con cada uno de los corrales en los que permanecen los cerdos durante los meses de cebado, pues será en ese espacio donde pueden transmitirse las enfermedades entre animales y donde se deberá controlar la trazabilidad en ese caso.

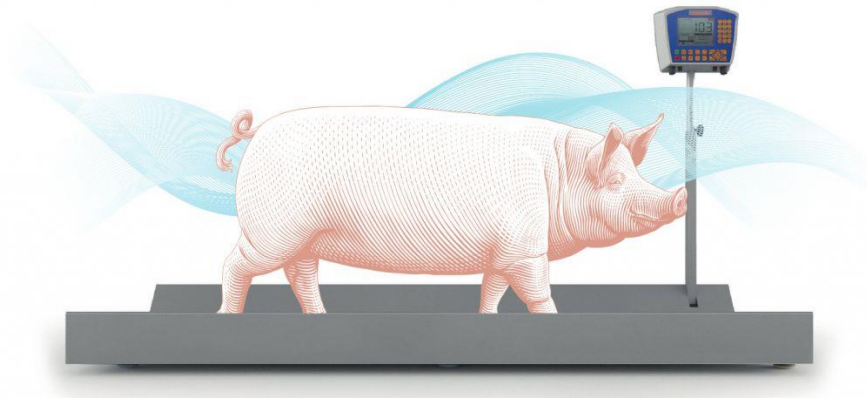
## 5.7. PESO DE LOS ANIMALES A LA ENTRADA Y SALIDA

Controlar el parámetro del peso de los animales es lo que valorará como de eficaz es el trabajo que se realiza durante los meses de cría. Al llenar las explotaciones de los animales a cebar, el camión aporta la tara con la información sobre el peso promedio con el que han salido los cerdos de las instalaciones de destete, así que el primer peso que se mida en la báscula de la explotación será de verificación, comprobando que son reales los datos facilitados por la explotación anterior.

Al tener la tecnología RFID, la báscula pensada dispone de un lector que permitirá ir introduciendo en la ficha de cada animal el peso con el que entran en la granja. Este será el momento en el que comenzará el análisis de cuan eficiente es el proceso de engorde con el que se trabaja en la explotación.

Pasados los meses de cebado de los cerdos en las instalaciones, será el momento de transportarlos al matadero y conocer con cuántos kilos se despiden de la granja. Los animales pasarán por la zona en la que se encuentra la báscula y el lector RFID y el proceso será el mismo que a la entrada, pasa un animal, se lee el código y el peso que da en la báscula se introduce en la ficha personal del animal.

La báscula (ilustración 11) que se valora para instalar será capaz de medir el peso del animal en movimiento <sup>[19]</sup>, de tal forma que no hace falta que se vayan soltando los animales de poco en poco, sino que se puede abrir un corral entero con quince animales y la báscula es capaz de hacer las medidas sin que los animales paren.



*Ilustración 11: Funcionamiento báscula en movimiento (CIMA)*

## 5.8. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La explotación dispone de unas placas solares que alimentan unas baterías que acumulan la energía que producen. Lo que se desea conocer de esta instalación va a ser el correcto funcionamiento de las placas, para así valorar su eficacia energética conociendo la potencia que nos producen. Por otro lado, también se quiere saber qué carga poseen las baterías que almacenan esa energía, pues deberán tener siempre carga para poder accionar los motores que mueven las ventas y las chimeneas.

Así, para conocer el estado de conservación y la eficiencia de las placas se usará “*Datalogger para monitorizar fotovoltaica*” que devolverá una información muy detallada del trabajo que realizan las placas.

Para conocer el estado que presentan las baterías se usa una tecnología similar a la que llevan actualmente los vehículos híbridos. A uno de los bornes se coloca un sensor (marca Hella) que devolverá información sobre la carga que dispondrá cada batería, temperatura y estado en general.

Estos han sido los diversos tipos de sensores que se instalarán en la explotación. Algunos se presentan como tecnología global, pues existen muchos en el mercado entre los que elegir, pero algunos como la báscula o la tecnología necesaria para control de las baterías son muy específicos y con un gran potencial dentro de una explotación como la que se analiza.

## 6. USO DE LAS VARIABLES SENSORIZADAS

Tras la instalación de los sensores deseados y ya habiendo verificado su correcto funcionamiento, será el momento de comenzar a ver cómo se analizan los datos y qué hacer con todas las variables obtenidas.

El control de las instalaciones se podrá llevar a cabo mediante tres puntos: los propios controladores que estarán disponibles en la misma explotación ganadera, un dispositivo móvil personal mediante una APP que se facilitará al propietario de la explotación y por último un ordenador, donde se podrá trabajar de forma similar que desde el móvil (ANEXO 1).

### 6.1. GRUPOS DE TRABAJO

Los equipos estarán divididos en cuatro grupos: CLIMATIZACIÓN, ALIMENTACIÓN, ENERGÍA y ALARMAS. El primer grupo de climatización estará constituido por el grupo motor que acciona las ventanas y las chimeneas y que producen las variaciones de temperatura que permiten un confort en las naves. Obviamente en este grupo entrarán los diversos sensores que se encontrarán a lo largo de las naves y que tomarán la medida de la temperatura en cada instante.

En cuanto al grupo de alimentación, tomará datos desde los silos hasta cada comedero. En este grupo lo que se recogerá será la información del nivel del silo, comprobar que la transición a lo largo del transportador de espiras es correcta y que llega bien al final del tubo de transporte, lo cual permitirá saber que el grupo funciona correctamente.

El grupo de energía será el que permitirá conocer el nivel de carga de los acumuladores de la energía proveniente de las placas solares. A su vez conseguirá que se conozca también si hay una buena circulación de la corriente del origen al destino, ya que es frecuente que en este tipo de instalaciones las ratas produzcan defectos en el cableado y no dejen funcionar de forma correcta el sistema.

Por último, el grupo de alarmas será el encargado de recopilar las diversas alarmas que se puedan ir generando en el transcurso del tiempo en el resto de los grupos citados.

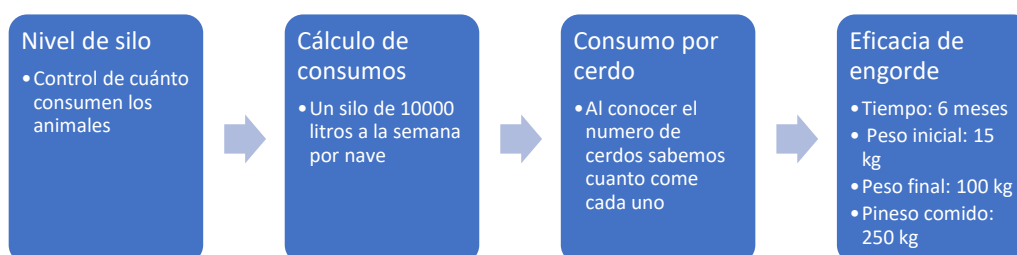
### 6.2. ¿CÓMO SE PODRIAN USAR LAS VARIABLES OBTENIDAS?

Tras haber recopilado los datos y tenerlos almacenados y compartidos en la nube queda saber qué hacer con ellos, como trabajarlos. Se debe tener en cuenta que son muchas las variables que puede ir recopilando el servidor, y se le debe imponer cuáles y cómo se quiere que se guarden. Los valores recogidos en un principio serán únicamente usados para el estudio de conocer si el proceso de engorde que se está usando en la explotación es eficaz o no, pero se puede mirar más allá y todos estos valores pueden ser cedidos a veterinarios o empresas dedicadas al sector que les pueden interesar para realizar sus propios estudios con casos reales y así conseguir mejoras en la producción de carnes del cerdo.



### 6.2.1. ALIMENTACIÓN

En un principio el estudio valorará las variables que interesan al ganadero y para que él pueda conocer al completo en qué estado se encuentra su explotación y sus animales de una forma continua. Los principales valores que van a hacer valor la eficiencia de la explotación van a ser los pesos de los animales. Los valores recogidos por las básculas a la llegada de los animales se almacenarán y se comparará con el peso de salida. Lo ideal y lo que se propondrá al propietario es que haga un pesaje intermedio para valorar cuánto engordan los animales en cada periodo de tiempo y así realizar un estudio más exhaustivo y preciso. Mediante estas nuevas tecnologías el estudio se puede hacer de lo que se quiera si se programa bien. Así pues, otro punto a controlar de una forma minuciosa será el nivel de los silos. Su control permitirá conocer cuál es el consumo diario y semanal de los animales. Así se podría valorar entonces cuál es la eficacia de engorde (Ilustración 12) de los piensos que estamos adquiriendo de nuestros proveedores.



*Ilustración 12: Pasos para encontrar la eficiencia de proceso de engorde en una explotación (Elaboración propia)*

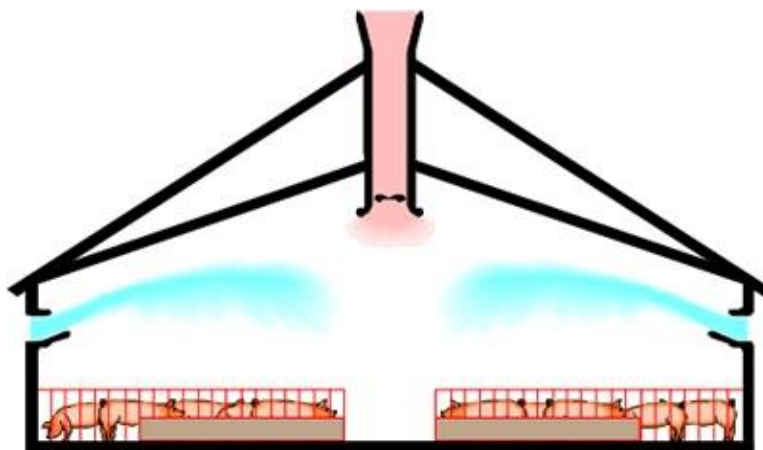
Con el consumo de aguas se analizaría de una forma similar.

Por otro lado, el nivel de los silos será recomendable tenerlo conectado y compartido con la empresa suministradora de piensos. De esta manera ellos, no existiría la necesidad de llamar para que fuese a la explotación a llenar los depósitos, sino que, desde la aplicación, saltaría un aviso de que uno de los silos estaría a una capacidad “crítica” (valor impuesto entre el 20% y el 15%) y que es necesario activar el protocolo que sigan ellos para suministrar el pienso necesario.

Para conocer como de eficiente es la explotación también se deberá analizar la parte eléctrica que está basada en la instalación fotovoltaica de la que dispone la explotación. Con los equipos que se ha instalado para su control se va a poder conocer cuáles son los consumos diarios de energía y, a su vez, la energía que generan las placas, de tal forma que se podrá controlar si se produce más de lo que consume en general en la granja o viceversa, abriendo así la posibilidad de ampliar los consumos que nutren las baterías y usar lo menos posible el grupo electrógeno.

### 6.2.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN

La explotación tendrá un sistema de ventilación 100% autónomo. Su funcionamiento se basará en la toma continua (cada 20 – 30 minutos para no colapsar el analizador de datos) de valores de la temperatura, humedad y calidad del aire con la finalidad de establecer una apertura necesaria de las ventanas y chimeneas tal que genere un estado de confort en el interior de la nave.



*Ilustración 13: Sistema de ventilación de la nave que permite la renovación del aire interior (3tres3)*

Para ello, las tres variables trabajarán de una forma similar, por lo que, si se detalla una de ellas, las otras sería aplicar el mismo funcionamiento. Así, con un ejemplo de su funcionamiento será la manera más sencilla de analizar la forma de trabajar del sistema. Los sensores de temperatura recopilando los datos estiman que el valor medio de la nave está entorno a los 23°C, con las ventanas abiertas un 40% y las chimeneas un 30%. En el exterior la temperatura es estable y ronda los 35°C. Pasan las horas y los sensores toman que la temperatura supera los 28°C en el interior. Es entonces cuando comienzan a trabajar los controladores que deberán actuar accionando los motores abriendo un mayor porcentaje tanto las ventanas como las chimeneas para controlar la temperatura lo antes posible. El proceso se repetiría cada vez que los valores de las temperaturas fuesen lo que se denomina críticos y que pudiesen provocar problemas sobre los animales.

#### 6.2.3. CONTROL DE NÚMERO DE ANIMALES

La tecnología RFID se usaría para poder hacer un inventario detallado y muy controlado de los cerdos que se han criado en la granja. Desde que entran como animales pequeños de unos 20 kg hasta que parten con unos 110 kg, los cerdos pueden ir teniendo enfermedades o problemas que afecten o no a su futuro cárnico, pues si tienen alguna tara (Disentería porcina, Mastitis, Parnovirus porcino o incluso cojera) los mataderos no los quiere. Dichos problemas, los veterinarios encargados de cuidar los animales se encargarán de notificarlos en la base de datos. Esa información quedaría registrada y en caso de que fuese una enfermedad que se propagase fácilmente entre los animales, los animales que comparten corral tendrían también la información que fuese necesaria.

Esta base de datos en caso necesario podría ser compartida en todo momento con las autoridades en caso de que ocurriese algún problema de salud pública en la cual fuese necesario realizar un estudio de trazabilidad de un producto que ha podido producir una enfermedad a personas. Este es uno de los puntos fuertes por los que se debe fomentar esta tecnología, pues en casos de problemas graves a nivel sanitario puede justificar el proceso de producción y así ver que la explotación ha realizado todo el proceso de engorde de una forma correcta o igual permite darse cuenta de que el desarrollo de los animales no es el correcto.



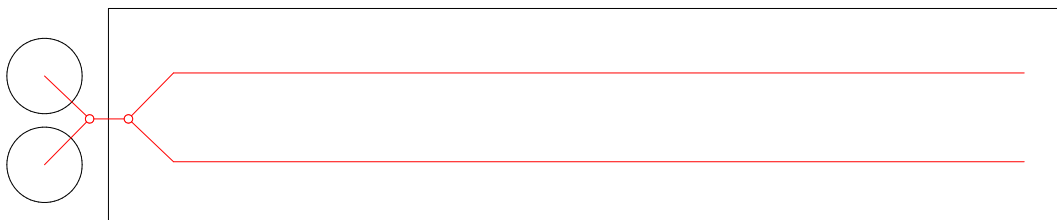
## 7. ESTUDIO ECONÓMICO

El último paso para analizar el estudio realizado sobre la explotación es el balance económico estimado que conllevaría el realizar la transformación planteada a lo largo de todo el estudio.

### 7.1. INVENTARIO DE LOS EQUIPOS NECESARIO

Lo principal de un proyecto de este alcance y lo que más le interesa al propietario de la explotación es saber cuánto le puede llegar a costar la tecnología que se debería instalar para transformar su granja en una instalación 4.0. Para ello deberemos valorar que cantidad de cada uno de los equipos necesitaremos para hacer un análisis completo de las instalaciones.

Los silos en los que almacenamos los piensos los deberemos sensorizar todos, por lo que necesitaremos 12 sensores de nivel y uno para el depósito del agua. Así pues, serán 13 sensores que usaremos para conocer la altura que nos quedan en los silos y en el depósito para poder controlar cuándo debemos pedir piensos a la empresa proveedora de este producto o si debemos bombear agua de la balsa al depósito. El equipo elegido para controlar estas variables será un sensor estándar “*Silometric*”. Este equipo ira acompañado de su equipo “*máster*” que permitirá extraer la información que deseamos. También existirá la posibilidad de evitar adquirir el pack, pues se la idea es crear un espacio de trabajo propio adquiriendo únicamente los sensores.



*Ilustración 14: Planta del esquema de los transportadores de espiral en cada nave (Elaboración propia)*

En cuanto al sistema de paro del transporte del pienso, será un sistema básico que colocaremos al final del tubo por el que avanza el alimento. El sistema de alimentación (Ilustración 14) se compone de un tubo que sale de los dos silos que nutre la nave. Así pues, de estos equipos necesitaremos instalar 12 sensores de paro <sup>[20]</sup>, para de esta forma llegar a cubrir todos los puntos de alimentación.

El control del agua lo haremos mediante un caudalímetro que nos permita extraer la información a los equipos de conectividad y así poder visualizar el consumo instantáneo de agua. Para ello necesitaremos un caudalímetro con función WiFi que se conecte a los controladores pertinente <sup>[21]</sup>. Como ya comentamos anteriormente, la necesidad será la de colocar cuatro caudalímetros con la finalidad de controlar el consumo de las tres naves principales y uno general, para verificar que no hay fugas intermedias.

El controlar la temperatura, humedad y gases ya tiene la explotación los sensores colocados y los controladores pertinentes para accionar los motores y las chimeneas. Nuestro trabajo para este apartado de control será sobre todo el programar los diferentes elementos para que los motores se accionen en función de los intervalos de valores que impongamos nosotros. Por lo tanto, el estudio económico de los equipos de medición del ambiente será nulo, solo tendrá el gasto de programación.

El conteo de las cabezas de los animales que se haría mediante RFID ubicados en los crotales <sup>[22]</sup>. Lo ideal sería que viniesen los animales ya con los crotales colocados en las orejas desde la explotación de destete, pero actualmente son pocas la que lo hacen. En el caso específico de la explotación donde se realiza el estudio no adquiere animales con estas características, por lo que se deberá hacer inversión en crotales y equipos de lectura de RFID <sup>[23]</sup>.

Uno de los equipos que sería más específico y que se trabajaría con sus aplicaciones sería la báscula. Ésta debe tener la característica principal de que ha de ser capaz de pesar a los animales sin detenerlos. Se puede sincronizar con el sistema RFID de los crotales asignando el peso a cada uno de los animales e introduciendo ese valor en la ficha del cerdo. Además, tiene accesorios que permiten clasificar a los animales por colores en función de su peso, lo que permitiría al ganadero reconocer fácil cual es la estimación del peso con el que ha entrado el cerdo en la granja. Por último, el sistema operativo con el que trabaja la báscula, con la información necesaria, puede hacer una organización espacial de qué cerdo está en cada uno de los corrales y con qué hermanos, con la finalidad de conseguir una trazabilidad muy minuciosa.

Para conocer la carga disponible en las baterías, como se ha comentado, se utilizaría una tecnología que usan los vehículos eléctricos. Estos pues permite conocer el estado de los acumuladores. Los equipos serán unos sensores inteligentes <sup>[24]</sup> que captarán toda la información requerida. Por otro lado, también para el control de la eficiencia energética, se va a instalar un sensor de placas fotovoltaicas <sup>[25]</sup> que realizará análisis sobre la temperatura de trabajo de las placas, la energía que producen...

## 7.2. BALANCE ECONÓMICO

Una vez que se tienen claro los equipos que son necesarios para conocer al completo el estado de la explotación se busca en el mercado aquellos que faciliten la máxima información posible de la deseada para realizar el análisis más completo posible. Con ello se valora una estimación económica que servirá para presentarle al propietario de la explotación y ver si quiere hacer la inversión en una granja del futuro.

Todos estos equipos que se han planteado a lo largo del estudio, para poder trabajar con ellos y con las diferentes variables que pueden proporcionar, necesitan un sistema de equipos capaces de recopilarlas, que las almacene y después, mediante la programación pertinente, permita trabajar con las variables a voluntad del usuario. Para todas estas de seleccionar equipos, instalación, programación y posterior mantenimiento se estudia realizarlo con el centro de investigación Tecnalia <sup>[26]</sup>. En la actualidad, este centro es puntero en implantación de las tecnologías 4.0 en empresas de cualquier sector con el fin de impulsar nuevas oportunidades a las mismas.

| EQUIPO  | UNIDADES | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|---|----------|-----------------|--------------|
| SILOMETRIC (SIN MASTER)                         | 12       | 480,00 €        | 5.760,00 €   |
| SENSOR DE PARO CON CAJA                         | 12       | 20,69 €         | 248,28 €     |
| CAUDALIMETRO DN80 SUMERGIBLE ELECTROMAGNÉTICA   | 4        | 644,00 €        | 2.576,00 €   |
| CROTALES RFID (PEDIDO MÍNIMO 10000 UNIDADES)    | 10000    | 0,11 €          | 1.100,00 €   |
| LECTOR RFID                                     | 1        | 1.824,68 €      | 1.824,68 €   |
| BÁSCULA CIMA PIG + APLICACIÓN USO + INSTALACIÓN | 1        | 3.185,00 €      | 3.185,00 €   |

|  |    |             |                    |
|--|----|-------------|--------------------|
| <b>SENSOR INTELIGENTE BATERIAS IBS</b> | 16 | 172,50 €    | 2.760,00 €         |
| <b>PV-MONITOR-M (SENSOR PLACAS)</b>    | 1  | 1.295,38 €  | 1.295,38 €         |
| <b>PROGRAMACION E INSTALACION</b>      | 1  | 31.299,95 € | 1.299,95 €         |
| <b>TOTAL</b>                           |    |             | <b>50.049,29 €</b> |

Tabla 1: Estimación económica de la inversión para llevar a cabo el estudio

En las explotaciones porcinas se suele dar los resultados de los ejercicios (Tabla 1) de una forma generalizada referenciando por cerdo, así pues, la inversión saldría a un valor de en torno a 7,53€

A continuación, se realizará un desglose detallado (Tabla 2) con unos valores promedios de los gastos y los beneficios que se pueden generar en una explotación porcina, se han tomado valores medios de los consumos de alimento <sup>[27][28]</sup> que cada cerdo en toda la etapa de engorde, valores promedio de mercado del pienso <sup>[29]</sup>, el costo de medicación necesaria para el correcto desarrollo de los animales <sup>[30]</sup> y el valor de venta actual del cerdo vivo <sup>[31]</sup>.

| CONCEPTO                                  | VALOR           |
|---|-----------------|
| CONSUMO CRECIMIENTO (20-50 KG) [KG/ETAPA] | 68,1            |
| CONSUMO DESARROLLO (50-70 KG) [KG/ETAPA]  | 84,3            |
| CONSUMO ENGORDE (70-110 KG) [KG/ETAPA]    | 90,8            |
| <b>CONSUMO POR CERDO EN ETAPA [KG]</b>    | <b>243,2</b>    |
| PRECIO PIENSO [€/TON]                     | 302,12 €        |
| PRECIO PIENSO [€/KG]                      | 0,30 €          |
| <b>COSTE ALIMENTACIÓN TOTAL DE ETAPAS</b> | <b>73,48 €</b>  |
| MEDICACIÓN DURANTE ENGORDE [€/CERDO]      | 7,17 €          |
| GASTOS FIJOS [€/CERDO]                    | 34,00 €         |
| <b>GASTOS TOTALES POR CERDO [€/CERDO]</b> | <b>114,65 €</b> |
| VENTA CERDO [€/KG]                        | 1,17 €          |
| PESO MEDIO DE SALIDA [KG/CERDO]           | 112             |
| <b>VENTA CERDO [€/CERDO]</b>              | <b>131,38 €</b> |
| <b>BENEFICIO NETO POR CERDO</b>           | <b>16,73 €</b>  |

Tabla 2: Análisis del beneficio generado por cada cerdo en una explotación porcina

En este momento el precio del pienso está muy elevado para lo que se vende el animal vivo al matadero, por lo que en la actualidad los beneficios no son muy grandes por cerdo.

Con estos datos, el estudio dejaría reflejado un ROI de 1,22; lo cual permite hacer ver al propietario de la exposición que puede ser una inversión recuperable y que al amortizarla generaría beneficios a la explotación.

## 8. CONCLUSIONES

La transformación de una explotación tradicional dedicada al cebado de animales del sector porcino hacia una instalación capaz de, por ejemplo, realizar de forma autónoma la ventilación de las naves, no es sencilla. Su proceso de estudio es minucioso, pues se debe analizar con qué variables se desea trabajar y encontrar los equipos más modernos y versátiles que permita sensorizar cada una de las variables. También se deben realizar la instalación de los equipos y generar una programación capaz de devolver al ganadero la información que desee. Un estudio y una posible implantación de tales equipos no es barata. Ese es el mayor defecto que tiene esta inversión.

Pero obviamente, como es de esperar, toda inversión tiene su finalidad y su lado positivo. Como se han visto en los casos de éxito, la industria 4.0 tiene un gran mercado en el sector primario al completo, pues es una tecnología que ha aparecido para hacer las labores de producción más fáciles y efectivas. Es una inversión que se recupera de una forma temprana, ya que es un sistema que permitirá conocer detalladamente los gastos que se tienen y los beneficios que genera cada producto producido por la explotación correspondiente.

Con el estudio desarrollado en este documento se ha buscado la comodidad para el propietario de la explotación, pues ahora podrá comprobar que todos y cada uno de los equipos que permiten que sus animales se desarrollen, funcionen correctamente desde cualquier lugar. Podrá programar mejor sus gastos y pedidos en piensos y dispondrá, por ejemplo, del beneficio que le pueden generar cada uno de los cerdos. Este estudio generaría una red de trabajo que el ganadero poco a poco podría ir ampliando con más equipos capaces de compartir sus datos, es decir; cada cierto tiempo el granjero podría ir forjando una explotación más moderna que le permita producir de una manera más eficaz dejando mayor beneficio para él con pequeñas inversiones de dinero.

La industria 4.0 se acabará instaurando en el sector y la empresa para la que se realiza el estudio lo sabe. Valora que un desarrollo de implantaciones para el sector primario es una vía de negocio que, aunque tarde en arrancar, se acabará imponiendo por necesidad. En opinión de la empresa, el estudio hace plantear que este tipo de trabajos puedan visualizarse como un posible negocio que aporte cuantiosos beneficios, pues tras la instalación de todo lo necesario para tener una granja 4.0, hay que mantener todos los equipos de una forma correcta y esa es la vía que querrían explotar para sacar el mayor beneficio posible de esta industria en el futuro.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ingenio Market. Hacia una industria avícola y porcina 4.0 [Internet]. Redalimentaria.com. Disponible en: [https://www.redalimentaria.com/blog/hacia-una-industria-avicola-y-porcina-40\\_7560](https://www.redalimentaria.com/blog/hacia-una-industria-avicola-y-porcina-40_7560)
2. El sector primario 4.0 [Internet]. Atlastecnologico.com. 2021. Disponible en: <https://atlastecnologico.com/sector-primario-40/>
3. Martínez y A. Gómez C. Guía para la transformación digital a la industria 4.0 [Internet]. ITAINNOVA. 2020. Disponible en: <https://www.itainnova.es/blog/industria-4-0/guia-para-la-transformacion-digital-a-la-industria-4-0/>
4. Sanmartin J, MV, MSc. La Granja 4.0 El futuro de la producción porcina [Internet]. Engormix.com. 2017. Disponible en: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/granja-futuro-produccion-porcina-t41360.htm>
5. Gob.es. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/estrategia\\_digitalizacion\\_sector\\_agroalimentario\\_forestal\\_medio\\_rural\\_ve\\_tcm30-509645.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/estrategia_digitalizacion_sector_agroalimentario_forestal_medio_rural_ve_tcm30-509645.pdf)
6. socialmediasl. Smart Farming, la transformación digital llega a las granjas [Internet]. Hablemosdeempresas.com. 2018. Disponible en: <https://hablemosdeempresas.com/grandes-empresas/smart-farming/>
7. Gob.es. [citado el 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/en/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicossectorporcino2020\\_tcm38-379728.pdf](https://www.mapa.gob.es/en/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicossectorporcino2020_tcm38-379728.pdf)
8. Smart farming: la tecnología que nos llega [Internet]. 3Tres3.com. 2021. Disponible en: [https://www.3tres3.com/articulos/smart-farming-la-tecnologia-que-nos-llega\\_44440/](https://www.3tres3.com/articulos/smart-farming-la-tecnologia-que-nos-llega_44440/)
9. Smart Farm 4.0 [Internet]. Porcinnova.es. 2019. Disponible en: <https://porcinnova.es/smart-farm-4-0/>
10. Fit Pig [Internet]. Porcinnova.es. 2019. Disponible en: <https://porcinnova.es/fit-pig/>
11. ¿Cambiará Big Data el futuro de la genética porcina y del sector? [Internet]. Archivo-anaporc.com. 2019. Disponible en: <https://www.archivo-anaporc.com/2019/06/29/cambiar%C3%A1-big-data-el-futuro-de-la-gen%C3%A9tica-porcina-y-del-sector/>
12. Cómo una granja lechera aumentó su producción de leche en un 18% con IoT y Machine Learning [Internet]. Libelium.com. 2019. Disponible en: <https://www.libelium.com/es/casos-exito/como-una-granja-lechera-aumento-su-produccion-de-leche-en-un-18-con-iot-y-machine-learning/>
13. La tecnología IoT, BI y Blockchain reduce las emisiones de metano en una vaquería [Internet]. Libelium.com. 2021. Disponible en: <https://www.libelium.com/es/casos-exito/control-de-las-emisiones-de-metano-en-una-granja-inteligente-con-iot/>
14. El tiempo en Sierra de Luna en el verano, temperatura promedio (Sierra de Luna, España) - Weather Spark [Internet]. Weatherspark.com. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/s/43282/1/Tiempo-promedio-en-el-verano-en-Sierra-de-Luna-Espa%C3%B1a>
15. Construcción de granjas, cebadero de cerdos, maternidad [Internet]. Peigganadera.com. 2017. Disponible en: <https://peigganadera.com/construccion-de-granjas-de-cerdos/>

16. SiloMetric, control del contenido de los silos en tiempo real: [Internet]. Serviporc.com. Disponible en: <http://www.serviporc.com/es/silometric-control-del-contenido-de-los-silos-en-tiempo-real/>
17. El agua en la explotación [Internet]. Gob.es. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/sistemas-prodnut-animal/agua.aspx>
18. Dipole. RFID: Soluciones y Etiquetas RFID, Industria 4.0, Trazabilidad [Internet]. Dipolerfid.es. Disponible en: <https://www.dipolerfid.es/>
19. Cima Control Pig [Internet]. Arvet.eu. Disponible en: <https://tienda.arvet.eu/es/sistemas-de-pesaje/865-cima-control-pig-200x60-cm.html>
20. Sensor de paro con caja [Internet]. Growketiendaonline.com. Disponible en: <https://growketiendaonline.com/producto/sensor-de-paro-con-caja/>
21. Caudalímetro electromagnético Proline Promag 10D [Internet]. Endress.com. Disponible en: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-caudal/caudalimetro-electromagnetico-compacto>
22. Dipole. Crotales RFID Identificación Animal [Internet]. Dipolerfid.es. Disponible en: <https://www.dipolerfid.es/Tag-RFID/crotales-RFID-Identificacion-Animal>
23. Dipole. Lector RFID UHF R700 Impinj [Internet]. Dipolerfid.es. Disponible en: <https://www.dipolerfid.es/Lectores-RFID/lector-rfid-uhf-r700-impinj>
24. Oscar.es. Disponible en: <https://www.oscar.es/sensor-control-de-bateria-hella-6pk-010-562-901-9243855-4790-p>
25. Monitorización de instalaciones fotovoltaicas: STS [Internet]. Circutor.es. [citado el 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://circutor.es/es/productos/energias-renovables/monitorizacion-de-instalaciones-fotovoltaicas/sts-detail>
26. Inicio [Internet]. Tecnalia.com. Disponible en: <https://www.tecnalia.com/>
27. Ración diaria de alimento de cerdos en engorda [Internet]. Engormix.com. Disponible en: <https://www.engormix.com/porcicultura/foros/racion-diaria-alimento-cerdos-t371/>
28. Perez J. Consumo medio diario de pienso en porcino - Axon Comunicación. Expertos en soluciones integrales y formación en veterinaria [Internet]. Axoncomunicacion.net. 2018. Disponible en: <https://axoncomunicacion.net/portfolio/cria-y-salud/no-75-cria-y-salud/consumo-medio-diario-de-pienso-en-porcino-2/>
29. El coste de los piensos en porcino sube alrededor de un 20% en el último semestre [Internet]. Interempresas.net. [citado el 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Ganadero/Articulos/325896-El-coste-de-alimentacion-en-porcino-se-encarece.html>
30. Marco E, Marco E. Economía de las medicaciones en agua [Internet]. 3Tres3.com. 2009 [citado el 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: [https://www.3tres3.com/articulos/economia-de-las-medicaciones-en-agua\\_2530/](https://www.3tres3.com/articulos/economia-de-las-medicaciones-en-agua_2530/)
31. Burset G. Precio del cerdo en España, Precio semanal del cerdo del lechón y datos históricos - 3tres3, la página del Cerdo [Internet]. 3Tres3.com. 2021 Disponible en: [https://www.3tres3.com/cotizaciones-de-porcino/espana\\_9/](https://www.3tres3.com/cotizaciones-de-porcino/espana_9/)

## 10. ANEXOS

### ANEXO 1: FUNCIONES DE LA APLICACIÓN

#### a) MENÚ PRINCIPAL



La aplicación que se planteará para facilitar al ganadero o propietario de la explotación se caracterizará por ser lo más intuitiva y sencilla posible. Desde ella el usuario podrá informarse del estado de la instalación, pero también podrá realizar acciones, pues lo ideal es que desde su dispositivo móvil pueda accionar el sistema de suministro de pienso o, en un momento puntual querer mover las ventanas y chimeneas a pesar de que no sea necesario según el sistema.

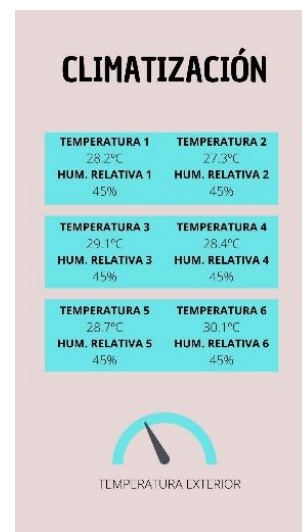
De este modo la aplicación partirá de un menú principal en el que aparecerán los cuatro grupos en los que se puede dividir la explotación. A partir de la cual comenzará a trabajar el granjero. En la pantalla de inicio también se encontrarán la temperatura y la humedad relativa que hay en el exterior. Esta pantalla se podrá modificar a voluntad del propietario pudiendo seleccionar los datos que desee ver nada más entrar en la APP.

Dentro de los grupos, la aplicación se dividirá internamente por naves, de tal forma que se deberá generar una codificación que permita identificar fácilmente los equipos para poder subsanar problemas que puedan ir surgiendo. Al ser todas las naves iguales, se planteará cómo funciona la aplicación con una y después se podrá extrapolar a cada uno de los seis espacios de trabajos.

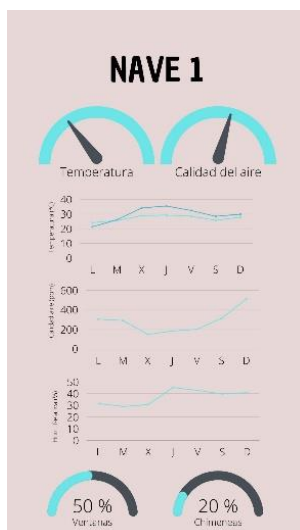
#### b) CLIMATIZACIÓN

Al entrar en el apartado de CLIMATIZACIÓN, lo primero que se encuentra es un resumen de las condiciones en las que están las 6 instalaciones que tenemos sensorizadas, de tal forma que con un vistazo rápido se pueda conocer esta información. Como información adicional tendremos también la información de la temperatura exterior.

Para conocer la información más específica sobre cómo se encuentra la nave, se hará click sobre la nave deseada y aparecerá una nueva pantalla en la que ya se podrá realizar acciones de mando y se obtendrá información más detallada de las condiciones que se tiene dentro de cada nave.







Una vez “dentro” de la nave la información de la que se dispondrá será la temperatura que habrá en el interior de la nave y la calidad del aire, ya que el conocer esa variable permitirá conocer si existe una buena ventilación y un buen flujo del aire que lo renueva para mayor confort de los animales. En esta pantalla aparecerá también un histograma de temperatura, calidad del aire y humedad relativa de la semana en la que se está y que se podría modificar por si se quisiese conocer la evolución del mes o del periodo de tiempo que se desee.

Por último, se tendrá la información sobre el porcentaje que están abiertas las ventanas y las chimeneas. Ese valor se calcularía solo con los parámetros impuestos al controlador, pero se podrá manipularlos a voluntad del usuario para dejar la apertura que vea necesaria u oportuna en un momento específico.

### c) ALIMENTACIÓN

Otro de los niveles a los que se podría acceder desde la pantalla de inicio será “ALIMENTACIÓN”. En este grupo se encuentra una interfaz similar a la del menú principal y que permitirá llevar a conocer el nivel de los silos, el estado de los diferentes transportadores de piensos. También habrá acceso a las estadísticas de consumos medios y totales y por último el control sobre el sistema de hidratación.

De nuevo, los datos que salen ilustrados en esta interfaz podrán ser cambiados a voluntad total del propietario.



El primer nivel que se mostrará será el que enseña los niveles a los que se encuentran los diferentes silos. Se muestran al mismo nivel los silos que nutren a la misma nave, por decirlo de una forma serían como silos “hermanos”. Esta es una interfaz arbitraria, pero lo que cabe reseñar es que cuando los niveles del silo son correctos se ven en tono azul, pero cuando se encuentre por debajo del nivel establecido se mostrará en rojo para hacer ver de una forma más gráfica que el estado no es correcto.

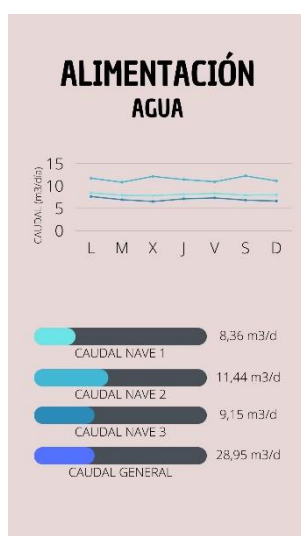


Esta información será a la que la fábrica de piensos podrá acceder y tendrá monitorizada de tal forma que en el momento en que pase a color rojo ya comiencen a generar el pedido para suministrar a la graja del pienso necesario.

La interfaz que tendrá el transportador será igual que la de los silos.

En este caso la información que nos devuelve es saber si hay lectura del sensor de paso que se encuentra al final del transportador, de tal forma que si es así la interfaz estará en azul y sino en rojo.

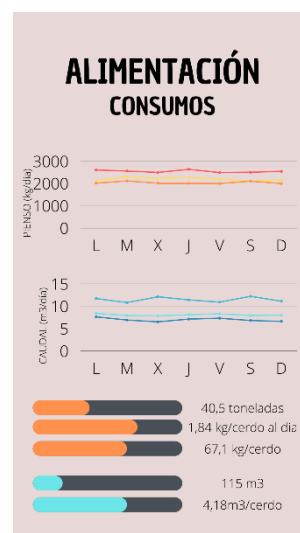
Como se vio en el esquema de la planta, existirán dos tubos de transporte por cada una de las naves.



El agua se controlará en cuatro puntos diferentes y por lo tanto se devolverán cuatro valores que será los consumos de cada nave medidos por el caudalímetro que hay a la entrada de cada una. El cuarto es el general que se deberá corresponder con la suma de los tres puntos de medida anteriores. La interfaz muestra el consumo instantáneo en cada uno de los puntos de análisis y como las temperaturas, se dispondrá de un gráfico que muestre la historia de los consumos que se han dado en cada nave. El histograma puede tener la periodicidad que el granjero desee y las unidades también se pueden modificar a voluntad propia.

Por último, en el nivel de alimentación se tendrá un apartado que mostrará un resumen de los consumos en la periodicidad que se desee.

Son gráficas similares a las descritas anteriormente. En este punto si que se puede visualizar un dato nuevo que es la cantidad de pienso que se ha comido hasta el punto en que se ve el valor y los datos promedios que se deseen. En la interfaz adjuntada se muestra el consumo de piensos de cada cerdo al día y el peso estimado que tienen los animales en función de los días que llevan en la explotación. En el apartado del agua son similares, consumo global y el agua que bebe un cerdo de media al día.



#### d) ENERGÍA



El último nivel de análisis de valores y que permite conocer datos de la instalación será el grupo que desarrolla la energía que nutre a la explotación. Como ya se ha comentado, habrá dos focos de la energía, el grupo electrógeno y las placas solares. El consumo de la energía se hará de los dos equipos, pero la energía producida se medirá únicamente de la parte de las placas solares.

En la pantalla de inicio se visualizan los dos niveles inferiores que será el análisis del estado de las baterías que acumulan la energía de las placas solares; y los consumos, donde se verán las estadísticas de la energía producida y consumida.

En el apartado de baterías se encontrarán de forma gráfica cual es el nivel de carga de cada batería que constituye el sistema de energías renovables existente.

Los equipos instalados también permiten conocer el valor de la temperatura que tienen las baterías, en este caso se ponen el valor medio de las temperaturas, pero se podría conocer de forma individual. También se muestra el valor medio de la carga de cada una de las baterías. Por último, se conoce también la energía que producen las placas cada hora.



La última pantalla que facilita el nivel de energía es el conocer los consumos que se dan diariamente en la explotación. Se ve que el consumo en relación con la producción es mayor, por eso se debe contar con el grupo electrógeno. De todas formas, son valores promedios de granjas de cebado que disponen de calefacción, en la explotación a analizar, como no existe tal componente, lo mas probable es que estos valores no valgan.

En cuanto a la producción, se valora que las placas fotovoltaicas de las que dispone la explotación son de nueva generación que tienen una eficiencia de producción elevada.

#### e) ALARMAS

El último nivel que genera la aplicación disponible para el propietario devuelve las diferentes alertas o alarmas que se vayan generando en la explotación a lo largo de su funcionamiento. Existiría un sistema de notificaciones de tal manera que en el momento que se captase por el sensor la alarma, le llegase el aviso al dueño de la explotación.

Simplemente se generaría un listado con los avisos que se vayan sucediendo y se completaría con un resumen grafico de las operaciones que quedan pendientes y cuantas se han subsanado. Por último, se adjunta un gráfico que resuma un poco las anomalías que se han podido ir notificando durante los últimos días.

