



Trabajo Fin de Grado

Automatización de granja de ganado porcino

Pig farm automation

Autor

Guillermo Aldunate Ozcariz

Director

Pedro Huerta Abad

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia

Junio 2023



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

Automatización de granja de ganado porcino

Pig farm automation

608.22.36

Autor: Guillermo Aldunate Ozcariz

Director: Pedro Huerta Abad

Fecha: 06/06/2023

INDICE DE CONTENIDO BREVE

1. RESUMEN	- 1 -
2. ABSTRACT	- 2 -
3. INTRODUCCIÓN	- 3 -
4. MARCO TEÓRICO	- 4 -
5. DESARROLLO	- 48 -
6. SIMULACIÓN DEL PROGRAMA	- 65 -
7. PRESUPUESTOS	- 72 -
8. CONCLUSIONES	- 75 -
9. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	- 77 -
10. BIBLIOGRAFÍA	- 78 -

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	- 1 -
1.1. PALABRAS CLAVE	- 1 -
2. ABSTRACT	- 2 -
2.1. KEY WORDS	- 2 -
3. INTRODUCCIÓN	- 3 -
3.1. OBJETIVOS	- 3 -
4. MARCO TEÓRICO	- 4 -
4.1. EMPLAZAMIENTO	- 4 -
4.2. DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN	- 6 -
4.2.1. Etapa de engorde	- 6 -
4.3. DISEÑO DE LAS CUADRADAS	- 8 -
4.3.1. Tipos de distribución	- 8 -
4.3.2. Distribución de la granja	- 11 -
4.4. SISTEMAS DE LA GRANJA	- 12 -
4.4.1. Suelo	- 12 -
4.4.2. Separadores	- 14 -
4.4.3. Sistema de alimentación	- 16 -
4.4.3.1. Comederos	- 17 -
4.4.3.2. Transporte de comida	- 18 -
4.4.3.3. Motor de transporte de comida	- 21 -
4.4.3.4. Silo de comida	- 22 -
4.4.4. Sistema de hidratación	- 26 -
4.4.4.1. Bebederos	- 26 -
4.4.4.2. Transporte de agua	- 26 -
4.4.4.3. Bomba de transporte de agua	- 27 -
4.4.4.4. Tanques de agua	- 29 -
4.4.5. Sistema de ventilación	- 31 -
4.4.5.1. Ventilación natural	- 31 -
4.4.5.2. Ventilación artificial	- 31 -
4.4.6. Sistema de iluminación	- 33 -
4.4.7. Sistema de control	- 34 -
4.4.8. Configuración del software de control	- 38 -
4.5. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL	- 42 -
4.5.1. Sensores y sondas	- 42 -
4.5.2. Sistema de control	- 45 -
4.5.2.1. Fuente de alimentación	- 45 -
4.5.2.2. Autómata	- 46 -
4.5.2.3. Pantalla HMI	- 47 -
5. DESARROLLO	- 48 -
5.1. PROGRAMACIÓN	- 48 -
5.2. PROGRAMACIÓN SCADA	- 60 -
6. SIMULACIÓN DEL PROGRAMA	- 65 -
6.1. CONTROL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	- 65 -
6.2. CONTROL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE COMIDA	- 68 -
6.3. CONTROL DE TEMPERATURA EN PLANTA	- 70 -
7. PRESUPUESTOS	- 72 -

Autor: Guillermo Aldunate Ozcariz

608.22.36

- ii -

8. CONCLUSIONES	<hr/> - 75 -
9. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	<hr/> - 77 -
10. BIBLIOGRAFÍA	<hr/> - 78 -

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Situación parcela catastro.	- 4 -
Ilustración 2 Coordenadas de la granja.	- 4 -
Ilustración 3 Plano de indicación de la granja.	- 5 -
Ilustración 4 Distribución tipo vagón.	- 8 -
Ilustración 5 Distribución de tipo conjunta	- 9 -
Ilustración 6 Distribución de tipo danés	- 9 -
Ilustración 7: Distribución de tipo sueco.	- 10 -
Ilustración 8: Distribución de la granja.	- 11 -
Ilustración 9: Suelo sólido.	- 12 -
Ilustración 10: Totalmente con slats plásticos.	- 12 -
Ilustración 11: Solado parcialmente con slats.	- 13 -
Ilustración 12: Suelo completo con slats de hormigón.	- 13 -
Ilustración 13: Solera con Slats de hormigón.	- 13 -
Ilustración 14: Separadores de hormigón.	- 14 -
Ilustración 15: Separadores de propileno.	- 14 -
Ilustración 16: Semipaneles PP.	- 15 -
Ilustración 17 TOLVA de alimentación mixta.	- 17 -
Ilustración 18: Sistema de transporte de alimentación por espiral	- 18 -
Ilustración 19: Sistema de alimentación por cadenas.	- 19 -
Ilustración 20: Sistema de alimentación en planta.	- 19 -
Ilustración 21: Extracción de silo para sistema de alimentación por espiral	- 20 -
Ilustración 22: Medidas para la elección de la tubería	- 20 -
Ilustración 23: Sistema de transporte de comida.	- 20 -
Ilustración 24: Motor para el sistema de alimentación.	- 21 -
Ilustración 25: Sistema de entrada de comida.	- 21 -
Ilustración 26: Partes de un silo	- 22 -
Ilustración 27: Silo metálico	- 23 -
Ilustración 28: Silo de poliéster (Fibra de vidrio)	- 24 -
Ilustración 29: Características del silo.	- 25 -

Ilustración 30: SWING DRINKER MIDI.....	- 26 -
Ilustración 31: Circuito de agua en las cuadras.....	- 26 -
Ilustración 32: Bomba de agua para el tanque de agua.....	- 27 -
Ilustración 33: Bomba de suministro.....	- 27 -
Ilustración 34: Diseño del circuito de agua.....	- 28 -
Ilustración 35: Sistema de extracción de agua.....	- 28 -
Ilustración 36: Depósitos de acero.....	- 29 -
Ilustración 37: Depósitos de fibra de vidrio.....	- 29 -
Ilustración 38: Depósito de agua.....	- 30 -
Ilustración 39: Disposición de ventiladores en la granja.....	- 32 -
Ilustración 40: Ventilador de chimenea.....	- 32 -
Ilustración 41: Modelo de iluminación.....	- 33 -
Ilustración 42: Simatic S7-300.....	- 34 -
Ilustración 43: Comunicación MPI.....	- 35 -
Ilustración 44: Cables MPI.....	- 36 -
Ilustración 45: Pantalla HMI.....	- 36 -
Ilustración 46: Configuración del software.....	- 38 -
Ilustración 47: Direccionamiento de las tarjetas del PLC.....	- 38 -
Ilustración 48: Insertar la estación HMI.....	- 39 -
Ilustración 49: Diseño de la red MPI.....	- 39 -
Ilustración 50: Estructura de bloques del programa.....	- 40 -
Ilustración 51: Sonda de temperatura.....	- 42 -
Ilustración 52: Sensor de nivel laser.....	- 43 -
Ilustración 53: Sensor capacitivo KQ6002.....	- 44 -
Ilustración 54: Fuente de alimentación PS307 24V/5A.....	- 45 -
Ilustración 55: Autómata CPU314C-2DP.....	- 46 -
Ilustración 56: Pantalla HMI MP 277 10" Touch.....	- 47 -
Ilustración 57: Tabla de símbolos.....	- 48 -
Ilustración 58: Programación OB1.....	- 49 -
Ilustración 59: Programación FC1 bomba pozo.....	- 50 -

Ilustración 60: Programación FC1 Bomba bebederos.....	- 51 -
Ilustración 61: Programación FC2 motor comida silo.	- 52 -
Ilustración 62: Programación FC2 emergencia nivel bajo de silo.....	- 53 -
Ilustración 63: Programación FC3 escalado depósito de agua.....	- 54 -
Ilustración 64:Programación FC3 comparación del nivel de depósito.....	- 55 -
Ilustración 65: Programación FC4 escalado depósito de comida.	- 56 -
Ilustración 66: Programación FC4 comparación del nivel de comida.....	- 56 -
Ilustración 67: Programación FC4 emergencia nivel bajo de silo.....	- 57 -
Ilustración 68: Programación FC5 escalado del sensor de temperatura.	- 58 -
Ilustración 69: Programación FC5 activación de los ventiladores.....	- 58 -
Ilustración 70: Programación FC5 desactivar los ventiladores.	- 59 -
Ilustración 71: Estructura de las pantallas.	- 60 -
Ilustración 72: Pantalla inicial de HMI.....	- 61 -
Ilustración 73: Pantalla de HMI, para el control de agua.....	- 62 -
Ilustración 74: Pantalla de HMI, para control de comida.....	- 63 -
Ilustración 75: Pantalla de HMI, para control de temperatura.....	- 64 -
Ilustración 76: Simulación modo automático suministro de agua.....	- 65 -
Ilustración 77: Simulación detector final de agua.....	- 65 -
Ilustración 78: Simulación de llenado del tanque de agua.	- 66 -
Ilustración 79: Simulación de paro de llenado del tanque.....	- 66 -
Ilustración 80: Simulación prioridad del estado manual.....	- 67 -
Ilustración 81: Simulación, motor en automático.....	- 68 -
Ilustración 82: Simulación, paro de motor en automático.	- 68 -
Ilustración 83: Simulación, alarma de nivel bajo de silo.	- 69 -
Ilustración 84: Simulación, modo manual de control de comida.....	- 69 -
Ilustración 85: Simulación, control de temperatura.	- 70 -
Ilustración 86: Simulación, funcionamiento de ventiladores.....	- 70 -
Ilustración 87: Simulación, ventiladores activados.	- 71 -
Ilustración 88: Simulación, ventiladores desactivados.	- 71 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características tubo sistema de alimentación.....	- 20 -
Tabla 2: Propiedades del motor sistema de alimentación.....	- 21 -
Tabla 3: Modelo y especificaciones de silo.	- 25 -
Tabla 4: Propiedades bomba de agua para tanque.	- 27 -
Tabla 5: Propiedades de bomba de suministro.....	- 27 -
Tabla 6: Modelo depósito de agua.....	- 30 -
Tabla 7: Especificaciones de ventilador.....	- 32 -
Tabla 8: Características de iluminación.....	- 33 -
Tabla 9: Especificaciones de sonda de temperatura.....	- 42 -
Tabla 10: Especificaciones de Sensor de nivel.....	- 43 -
Tabla 11: Especificaciones sensor capacitivo.	- 44 -
Tabla 12: Características PS 307 24v/5 ^a	- 45 -
Tabla 13: Características del Autómata CPU314C-2DP.....	- 46 -
Tabla 14: Características HMI MP 277 10" Touch.....	- 47 -
Tabla 15: Presupuesto sistema de comida.....	- 72 -
Tabla 16: Presupuesto sistema de organización.	- 72 -
Tabla 18: Presupuesto sistema de abastecimiento de agua.....	- 72 -
Tabla 17: Presupuesto sistema de temperatura.	- 73 -
Tabla 19: Presupuesto sistema de control.	- 73 -
Tabla 20: Presupuesto instalación eléctrica.....	- 73 -
Tabla 21: Presupuesto mano de obra.	- 73 -
Tabla 22: Cálculo total de presupuestos.	- 74 -

1. RESUMEN

Con este trabajo se busca realizar un estudio previo, así como el desarrollo de todas las etapas necesarias para poder diseñar y automatizar gran parte de los procesos que conlleva una granja de engorde de ganado porcino. Siendo esta etapa una de las últimas etapas de la vida de un lechón.

Para poder llevar a cabo este proyecto, comenzaremos estableciendo el diseño de la granja así como de sus instalaciones, con la idea de proporcionar los datos que hacen referencia a los elementos que se pueden utilizar, con su posterior justificación de la utilización de estos.

Con esta automatización se busca llevar un mejor control y manejo de los recursos, así como mejorar la comodidad y el rendimiento de la granja.

Para poder llevar a cabo el proceso de automatizar la planta, emplearemos una serie de sensores y actuadores, que serán los encargados de informar, así como de modificar lo que ocurre en la granja. Todos estos elementos estarán controlados por un único autómata, en este caso será un PLC de Siemens de la serie SIMATIC S7-300, con el que conseguiremos tener todas nuestras necesidades cubiertas.

Siguiendo la idea de mejorar el control de la granja, emplearemos un sistema mediante un panel SIMATIC HMI, que diseñaremos empleando el software Win CC flexible

1.1. PALABRAS CLAVE

Las palabras clave que se tratan en este proyecto son las siguientes:

1. Automatización de granja porcina.
2. Diseño SCADA.
3. Control de alimentación, agua y temperatura.
4. Control de pantalla HMI.
5. Programación SIMATIC S7-300.

2. ABSTRACT

This work seeks to carry out a preliminary study, as well as the development of all the necessary stages to be able to design and automate a large part of the processes involved in a pig fattening farm. This stage being one of the last stages of a piglet's life.

In order to carry out this project, we will begin by establishing the design of the farm as well as its facilities, with the idea of providing the data that refers to the elements that can be used, with subsequent justification for their use.

With this automation, the aim is to bring better control and management of resources, as well as improve the comfort and performance of the farm.

In order to carry out the process of automating the plant, we will use a series of sensors and actuators, which will be in charge of informing as well as modifying what happens on the farm. All these elements will be controlled by a single PLC, in this case it will be a Siemens PLC of the SIMATIC S7-300 series, with which we will be able to have all our needs covered.

system through a SIMATIC HMI panel, which we will design using the Win CC flexible software.

2.1. KEY WORDS

The keywords that are dealt with in this project are the following:

1. Pig farm automation.
2. SCADA design.
3. Control of feeding, water and temperature.
4. HMI screen control.
5. SIMATIC S7-300 programming.

3. INTRODUCCIÓN

Lo que se pretende con este proyecto es realizar la automatización de una granja de engorde para ganado porcino. Cada vez son más comunes las granjas que implementan estos sistemas de automatización. Y es que las explotaciones en este sector se encuentran en una gran expansión y continuo crecimiento. Hasta el punto, que en España es considerada como la tercera potencia mundial en cuanto al comercio de este sector.

Se busca automatizar la granja con el fin de mejorar la eficiencia, así como la calidad de vida de los operarios a la hora de controlar los aspectos básicos como pueden ser la comida, el agua y la temperatura. Además, conseguiremos racionar mejor los recursos, así como reducir la mano de obra necesaria.

3.1. OBJETIVOS

En cuanto a los objetivos dentro de este proyecto, nos encontraremos con la automatización y control de los principales aspectos a tener en cuenta en una granja de engorde porcina, como puede ser el control de los recursos, así como de las necesidades de los animales.

Durante todo el proceso buscaremos cumplir con el Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos.

- Programación y diseño de HMI empleando SCADA.
- Programación de Autómata Siemens empleando el software STEP7.
- Automatización del sistema de alimentación.
- Automatización del sistema de bebederos.
- Automatización del sistema de ventilación.
- Control de los silos de comida y agua.

4. MARCO TEÓRICO

En el caso de las granjas de engorde, como es nuestro caso. Los animales que entran en esta unidad suelen ser cerdos que se encuentran entorno a los 20Kg, lo que equivale a una edad de entre 10 a 13 semanas. Hasta que alcanzan un peso medio de 100Kg.

4.1. EMPLAZAMIENTO

La instalación elegida para automatizar y diseñar nuestra planta será una antigua granja de ganado porcino, pertenece al municipio de Carcar (Navarra). [1]

La parcela cuenta con una superficie de 8920m², con una nave de 63m x 19m, es decir 1200m² construidos.



Ilustración 1 Situación parcela catastro.

La situación geográfica de esta zona de Navarra hace que sean zonas con un clima mediterráneo templado, de veranos secos y cálidos. Siendo las temperaturas de unos 18º de media, con precipitaciones anuales escasas. Contando con 3 o 4 meses de secos veranos. [2]

ETRS-89
42° 24' 9,97" N
1° 58' 4,76" W
UTM x: 584.928
30N y: 4.695.012

Ilustración 2 Coordenadas de la granja.

Se encuentra en el término de acequia mayor, parcela 271 del término municipal de Carcar visible desde la carretera NA-122, que enlaza Andosilla con Lerín. A 380m de la rotonda que une Carcar, Andosilla y Lerín. Dirección Lerín, en el lado de la izquierdo de la carretera.

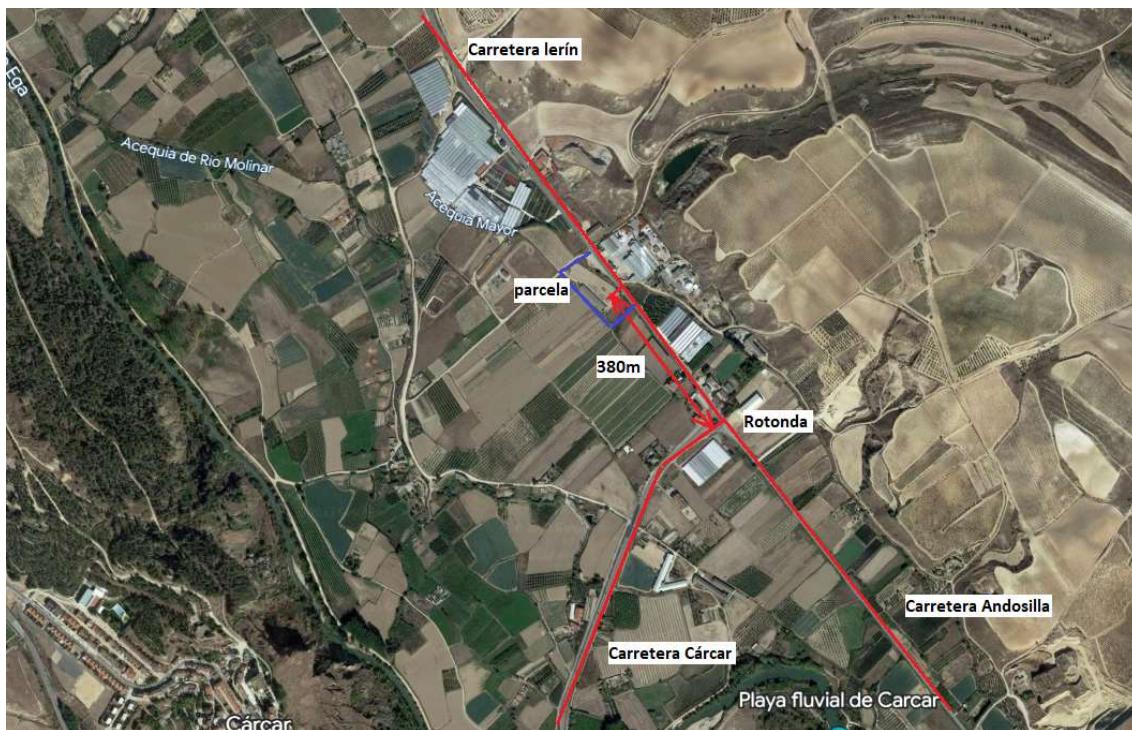


Ilustración 3 Plano de indicación de la granja.

Dicha finca se sitúa a más de 1,5 Km del núcleo urbano más próximo, en este caso el de Carcar. De este modo cumple con todas las condiciones que se plantean en el **DECRETO FORAL 31/2019, DE 20 DE MARZO**. En el que se tratan todos los aspectos que deben de cumplir las explotaciones ganaderas.

4.2. DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN

Muchas granjas de ganado porcino se encuentran divididas en tres unidades principales: Maternidad, destete y engorde. Cada unidad marca la etapa en la que se encuentran los cerdos.

En este caso la unidad que estamos estudiando se centra en el periodo de engorde de los animales. Buscando que estos animales engorden hasta que alcancen el peso ideal para su matanza.

Pese a ser una etapa menos critica que las anteriores, ya que habrán superado las primeras semanas posteriores al destete. Buscaremos satisfacer en todo momento las necesidades de los cerdos, tanto de temperatura como de alimentación y agua.

4.2.1. Etapa de engorde

En esta etapa de engorde, los cerdos entran con un peso de entorno a los 20Kg, que equivale a cerdos de entre 10 a 13 semanas. En nuestro caso disponemos de una nave de $1200m^2$ de superficie.

En este tipo de granjas uno de los factores más determinantes es el rendimiento, que en este caso viene definido por los kilos que engordan los cerdos por día.

Es importante tener en cuenta este factor, ya que será el que determine el tiempo que permanecerán los cerdos en la granja, así como la rentabilidad de esta. Y por ende la velocidad con la que entran y salen los cerdos.

En nuestro caso supondremos que contamos con un factor de engorde común que puede rondar los (0,7Kg/día). Si nuestra venta se realizará cuando supere los 100Kg, y hemos recibido el cerdo con 20Kg podremos calcular cuantas semanas tendremos que alimentar a los cerdos.

$$\frac{100kg - 20kg}{0,7 kg/dia} = 114 \text{ días}$$

El resultado final de esta operación es de 114 días. Sin embargo, a este resultado le tendremos que añadir en torno a 20 días de vacío sanitario.

$$114 \text{ días} + 20 \text{ días de vacío sanitario} = 135 \text{ días entorno a 4,5 meses}$$

Conseguiríamos de esta forma un tiempo promedio de ocupación de unos 4,5 meses. Es decir, este es el total de semanas que se pasan los cerdos en nuestra planta de engorde.

Estos cálculos se han realizado empleando datos promedios que van variando, dependiendo la edad, el peso y su tamaño. Además, hemos añadido el tiempo de vacío sanitario en donde se llevan a cabo una serie de pautas a realizar con la intención de mantener limpio y desinfectado todas las instalaciones.

Algunas de estas pautas pueden ser:

- Remojar el suelo y las paredes a la altura que puedan alcanzar la deposición fecal.
- Quitar el material orgánico, como pueden ser telarañas.
- Limpiar todas las superficies empleando agua a elevadas temperaturas.
- Desmontar y limpiar bebederos y comederos.
- Desinfectar todas las superficies de alimentación para los animales.

4.3. DISEÑO DE LAS CUADRAS

Es importante tener en cuenta el diseño interno de la explotación, así como del diseño de las cuadras, ya que para las granjas de ganado de cebo se suelen emplear cuatro tipos distintos de distribuciones.

Para poder elegir la distribución más idónea para nosotros, primero deberemos conocer cuantas cabezas de ganado vamos a disponer en nuestra granja, y es que en nuestro caso vamos a emplear un valor de superficie por animal de $0,8 \frac{m^2}{animal}$.

Como nuestra planta dispone de $1200m^2$ construidos, podremos calcular en número total de cabezas:

$$\frac{1200m^2}{0,8 \frac{m^2}{animal}} = 1500 \text{ cabezas}$$

4.3.1. Tipos de distribución

Para poder realizar el diseño interno de la planta, deberemos estudiar primero cuales son los modelos de distribución más comunes empleados en las granjas de engorde porcinas, para así poder elegir con más criterio cual se amolda más a nuestras necesidades. [3]

Las más comunes son:

- Distribución de tipo vagón: Este tipo de distribución cuenta con un pasillo longitudinal, al que se le unen una serie de pasillos perpendiculares. Estos pasillos perpendiculares, son los que permiten el acceso a las cuadras. Limitando el acceso, única y exclusivamente desde los pasillos perpendiculares.

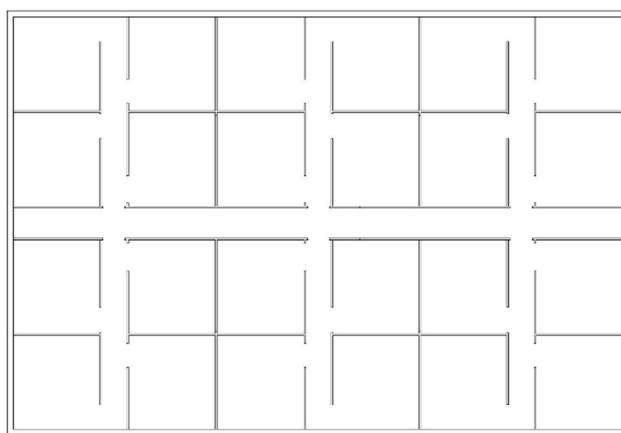


Ilustración 4 Distribución tipo vagón.

- Distribución de tipo conjunta: Este tipo de distribución es el más sencillo de todos ya que no se emplea ninguna separación. Es decir, conviven todos juntos. Sin embargo, este tipo de distribución cuenta con una limitación clara, y es que el número límite por cada corral es de 500 cabezas.

Además, empleando este tipo de distribución dificulta mucho el control de los animales, así como de la evolución de cada cerdo.

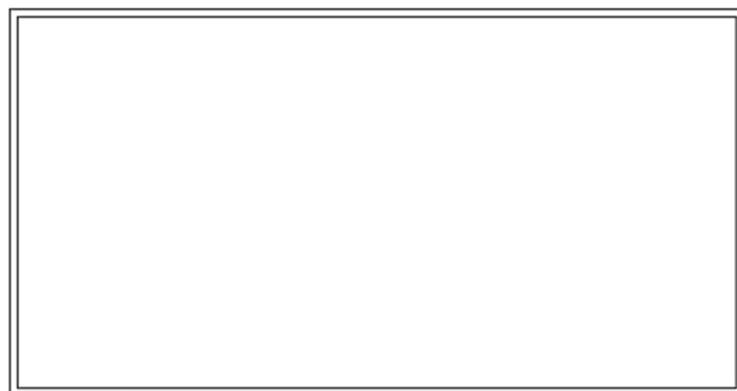


Ilustración 5 Distribución de tipo conjunta

- Distribución de tipo danés: Este tipo de distribución, se basa en una serie de pasillos longitudinales. Estos, no se encuentran unidos entre sí. Sin embargo, a ambos lados del pasillo tenemos acceso directo a las cuadras.

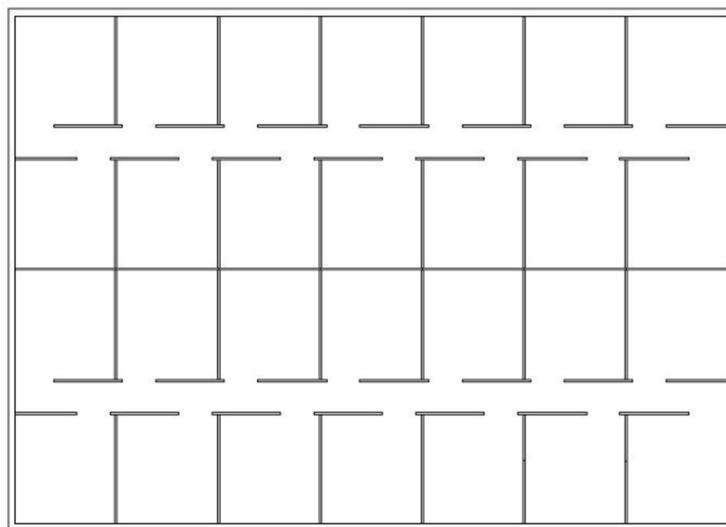


Ilustración 6 Distribución de tipo danés

- Distribución de tipo sueco: Los pasillos longitudinales se encuentran en el extremo de la nave es decir recorren la fachada longitudinal.

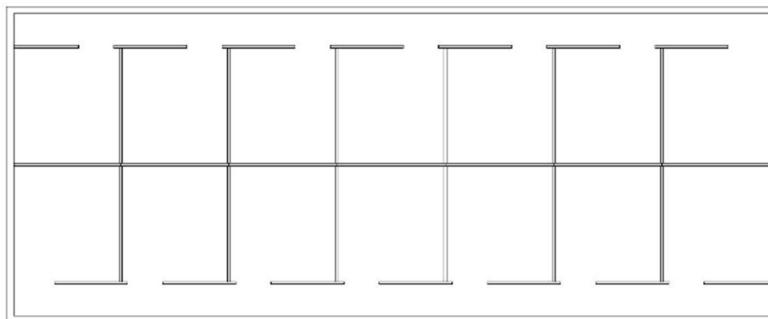


Ilustración 7: Distribución de tipo sueco.

Este tipo de disposición es muy sencilla, ya que se reduce el número de divisiones. Otra de las principales ventajas es la temperatura, ya que se mantiene a los animales alejados de las fachadas, consiguiendo así concentrar y mantener en el centro de la nave una temperatura ideal.

4.3.2. Distribución de la granja

Tras estudiar las cuatro distribuciones anteriores, hemos decidido emplear la distribución de tipo danés como distribución para la planta, ya que el desperdicio de superficie útil es muy reducido, así como la altura de la nave, que no se necesita de una gran altura. Estos factores se traducen en una menor inversión.

Este tipo de distribución es muy común en las plantas de engorde de ganado porcino, debido a su facilidad de acceso a las cuadras, así como la sencillez que nos aporta este tipo de distribución a la hora de controlar la evolución de cada cerdo.

Unos de los principales inconvenientes de esta distribución sería el control de la temperatura, así como de la extracción de gases, que conseguiremos controlar mediante extracción forzada.

Las dimensiones de los corrales son de 3,3m de ancho y 4,4m de longitud, lo que nos da una superficie total de 14,52 m², obteniendo así un total de 76 cuadras.

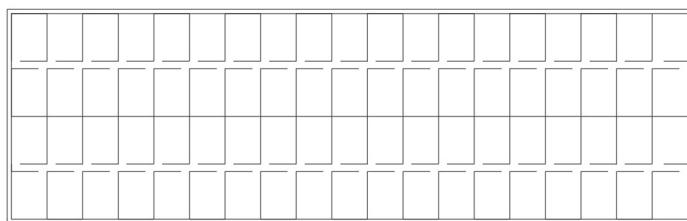


Ilustración 8: Distribución de la granja.

Como ya calculamos anteriormente el número total de cerdos será de 1500 cabezas, lo que nos lleva a calcular en número de cabezas por cuadra:

$$\frac{1500 \text{ cabezas}}{76 \text{ cuadras}} = 19,73 \frac{\text{cabezas}}{\text{cuadra}}$$

Obtenemos un total de 19,73 cabezas por cada cuadra, cuyo valor redondearemos al alza con la idea de mejorar la producción.

También deberemos calcular o comprobar si se cumple el valor de superficie necesaria por cada animal de cebo, que ronda los 0,7 y 0,8 $\frac{m^2}{animal}$. Para ello realizaremos el siguiente cálculo

$$\frac{3,3m \times 4,4m}{20 \text{ animales}} = 0,726 \frac{m^2}{animal}$$

Nuestro resultado total de la superficie por animal es de (0,726 $\frac{m^2}{animal}$), lo que nos indica que entramos en el rango de 0,7 y 0,8 $\frac{m^2}{animal}$.

4.4. SISTEMAS DE LA GRANJA

Con este apartado se pretende realizar un estudio, para poder conocer con mayor profundidad los tipos de elementos que más se amoldan a nuestras necesidades y que por ello vamos a colocar en nuestra planta de engorde.

4.4.1. Suelo

Para realizar el diseño del suelo, primero deberemos conocer qué tipos de suelos son los más comunes en este tipo de plantas. [4] Pueden ser de varios tipos:

- Suelo sólido (hormigón): Es el tipo de suelo más sencillo de utilizar ya que se trata de una superficie lisa y sin caída, lo que dificulta enormemente el drenaje de los purines. Además, cabe destacar que suelen recubrirse de una capa de paja con la idea de evitar resbalones y caídas innecesarias de los cerdos, además de proporcionar un mínimo de aislamiento térmico.



Ilustración 9: Suelo sólido.

- Totalmente con slats (con rejillas plásticas): Este tipo de suelos se suelen encontrar en granjas que cuentan con un suelo inferior inclinado, que hace los purines traspasen los slats sobre los que se apoyan los cerdos, y estos se deslicen hacia una fosa central.



Ilustración 10: Totalmente con slats plásticos.

Empleando estos slats, mejoramos la facilidad de limpieza, así como de secado. Sin embargo, es más perjudicial cuando está mojado, debido a la facilidad para deslizarse sobre él.

- Parcialmente con slats: Este tipo de suelos disponen de una mitad de la cuadra con suelo sólido de hormigón, dedicada exclusivamente a tumbarse sobre él.

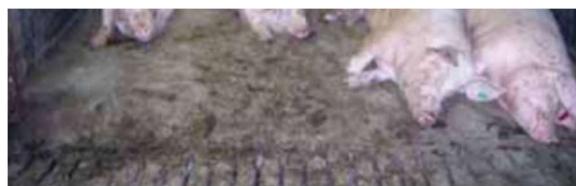


Ilustración 11: Solado parcialmente con slats.

Y la otra mitad, cuenta con unos slats de hormigón que facilitan la extracción de los purines. Sin embargo, la zona sólida se ensucia rápidamente si la ventilación no es óptima.

- Totalmente con slats (hormigón): Este tipo de suelos son los más empleados, ya que su precio es menor que el de plástico y cuenta con buenas propiedades para resistir peso.



Ilustración 12: Suelo completo con slats de hormigón.

Tras haber estudiado los diferentes tipos de solados que existen, hemos decidido decantarnos por un suelo completo con slats de hormigón, ya que son los únicos slats que nos proporcionan una seguridad a la hora de soportar el peso de los animales, siendo este un factor diferencial debido a que se trata de una planta de engorde de ganado porcino, con animales que pueden llegar a superar los 100Kg de peso.

Estos slats se encontrarán sobre un suelo de hormigón armado que contarán con una inclinación del 5%, lo que facilitará dirigir las deyecciones hacia la fosa.

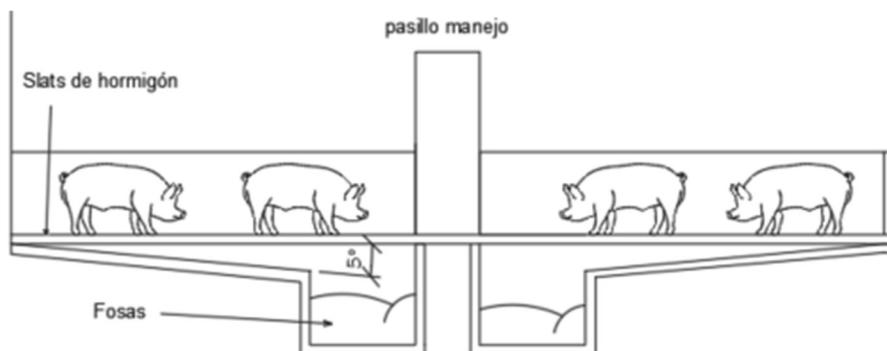


Ilustración 13: Solera con Slats de hormigón.

4.4.2. Separadores

En cuanto a los separadores con planchas, debemos conocer su función principal, que se basa en separar a los cerdos en cuadras.[5] Estos separadores se pueden encontrar de dos materiales diferentes:

- Slats de hormigón: Este tipo de paneles, han sido los más utilizados hasta la fecha ya que proporcionan gran resistencia y durabilidad.



Ilustración 14: Separadores de hormigón.

- Slats de propileno (PP): Este tipo de paneles está en continuo auge debido a su gran resistencia y durabilidad, manteniendo unas propiedades similares a las del hormigón. Este tipo de paneles están formados por una estructura interna en forma de celdas, lo que hace que sean muy resistentes y ligeros.



Ilustración 15: Separadores de propileno.

Con estos slats de propileno se consigue mejorar la facilidad de limpieza de estos, ya que se trata de un material no poroso, sin recovecos ni fisuras, haciéndolo estanco.

Al ser moldeados, podemos elegir diferentes tipos de slats de pp según sus formas. Como pueden ser ciegos, ventilados o mixtos.

Debido a las propiedades comentadas anteriormente, hemos decidido decantarnos por separadores de propileno.

Por último, no nos podemos dejar de lado los Semipaneles PP. Estos paneles, se colocan alrededor de las paredes de la nave. Con la idea de que todas las paredes de cada cuadra cuenten con una protección de propileno, consiguiendo así la estanqueidad de las cuadras.

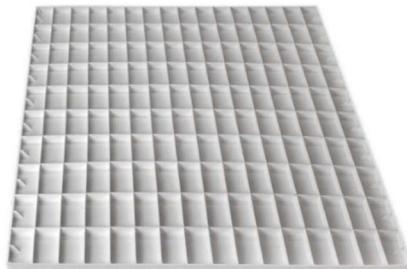


Ilustración 16: Semipaneles PP.

4.4.3. Sistema de alimentación

Para poder elegir los comederos y bebederos, deberemos conocer qué tipo de alimentación queremos implementar. [3]

Existen hasta tres tipos principales de sistemas de alimentación:

- Alimentación sólida: este tipo de alimentación se trata de la más tradicional. Se basa en la dosificación de pienso en forma de gránulos o pellets. Estos pellets se obtienen mediante el prensado del pienso.
- Alimentación mixta: En este tipo de alimentación, se basa en suministrar el alimento seco hasta que llega a los comederos, donde se mezclará con agua. Con este tipo de alimentación, se busca mejorar la digestión, además de aumentar la ingesta de comida.
- Alimentación líquida: Este tipo de alimentación, se consigue de forma totalmente automatizada, realizando mezclas de productos diluidos como materias primas o piensos triturados en agua y suero, abriendo una capacidad para añadir otro tipo de subproductos agroalimentarios. De esta forma se pueden diseñar dietas ajustadas a nuestras necesidades.

Uno de los aspectos diferenciadores en la elección, consiste en la inversión económica inicial que debemos hacer. En el caso de la alimentación mixta o sólida, la inversión es muy similar, debido a su facilidad para su transporte desde los silos hasta los comederos, empleando tornillos sin fin.

Sin embargo, en la alimentación líquida se dispara frente a las otras opciones, ya que es necesario disponer de un sistema automatizado que sea capaz de realizar las mezclas de alimentos, con las proporciones adecuadas de cada componente.

En nuestro caso consideramos conveniente emplear una alimentación mixta, ya que mejora las ingestas de comidas y su posterior digestión, sin realizar grandes inversiones. Una vez hemos decidido qué tipo de alimentación vamos a utilizar, elegiremos las tolvas o comederos.

Para esta planta vamos a utilizar un comedero por cada cuadra, lo que nos supone un total de 76 comederos, que necesitaremos para satisfacer a nuestras necesidades.

4.4.3.1. Comederos

En cuanto a los comederos existen diferentes tipos, en función de aspectos, como el tipo de comida y cantidades de comida que ingieren estos animales. Estos tipos pueden ser:

- Comederos de tolva: Este tipo de comederos, son de gran capacidad, se llenan con alimento y a través de una abertura pueden acceder un gran número de cerdos a la vez. Estos son capaces de reponer la comida de manera automática.
- Comederos automáticos: Este tipo de comedero es capaz de programarse para dispensar una cantidad de comida específica, en una hora específica del día. Con este tipo de comederos se busca evitar desperdicios de comida.
- Comederos de cinta transportadora: Estos comederos utilizan una cinta transportadora para mover el alimento a través del comedero y permitir que los cerdos coman a medida que avanza la cinta.
- Comederos de flujo libre: Este tipo de comederos, permite a los cerdos tener alimento en todo momento, sin embargo, pueden resultar propensos a contraer enfermedades o a desperdiciar la comida.

Una vez hemos conocido los diferentes tipos de comederos, nos hemos decantado por los de tolva, ya que creemos que se amolda mejor a nuestras necesidades de la planta, teniendo en cuenta la inversión el tamaño de esta y el tipo de alimento utilizado.

Nos hemos decantado por una tolva que nos permite alimentar a los cerdos con pienso y agua en el mismo plato.



Ilustración 17 Tolva de alimentación mixta

Con esta tolva se consigue mantener el alimento seco hasta que llega a la tolva, consiguiendo así facilitar el transporte del alimento. Una vez en la tolva, se mezcla con agua para facilitar su ingestión. [5]

4.4.3.2. Transporte de comida

El transporte de comida, para granjas de engorde porcino. Se trata de un proceso crucial en la producción de cerdos de engorde. Existen muchos tipos de transporte de comida, sin embargo, alguno de estos se encuentra limitado por el tipo de comida que se decida utilizar.

Se diferencian principalmente por el tipo de mecanismo empleado en el interior de las tuberías. [6] Teniendo en cuenta que hemos escogido un tipo de alimentación mixta con pellets, podemos elegir entre dos tipos de sistemas:

- Sistema de alimentación por espiral: Este tipo de transporte de comida se basa en una tubería de pvc que cuenta con una espiral en su interior que hace la función de tornillo sin fin, con la idea de ir deslizando los pellets de pienso a través de la tubería de pvc.



Ilustración 18: Sistema de transporte de alimentación por espiral

Este tipo de transporte es muy utilizado en las granjas de engorde, ya que se emplea el mismo alimento para todas las cabezas de ganado que hay en la granja.

Con este tipo de sistema nos permite tener flexibilidad a la hora de realizar la instalación de tuberías. Sin embargo, cabe destacar que el alimento solo puede llevar un único sentido, evitando de esta forma posibles atascos o daños en el interior.

- Sistema de alimentación por cadena: Este tipo de sistema, se asemeja al anterior. Ya que cuenta con una tubería metálica. Por donde pasa una cadena, sobre la que se encuentran fijados una serie de émbolos del mismo diámetro que el interior de la tubería. Consiguiendo así que el alimento circule por el interior siendo arrastrado por estos émbolos.



Ilustración 19: Sistema de alimentación por cadenas.

Este tipo de sistema es muy útil en aquellas plantas en las que los sistemas de alimentación tengan un recorrido muy pequeño, ya sea por el tamaño de la granja o porque dentro de la granja hay cerdos de edades diferentes, por lo que necesitarán ser alimentados con productos diferentes.

El sistema de alimentación que vamos a emplear para nuestra planta será mediante tuberías de espiral. Ya que, presentan una gran ventaja en cuanto a comodidad y durabilidad. Además, en nuestro caso dispondremos de dos líneas principales de transporte de comida, que atravesaran toda la planta. Como todos los cerdos de nuestra planta se encuentran en la etapa de engorde, se alimentarán con los mismos productos.

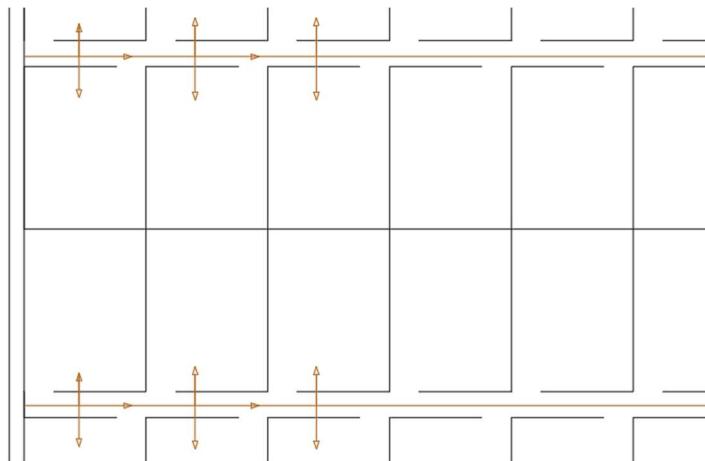


Ilustración 20: Sistema de alimentación en planta.

Para poder realizar esta instalación deberemos de hacer huso de un extractor de silo para sistemas de alimentación por espiral. [7]



Ilustración 21: Extracción de silo para sistema de alimentación por espiral

Con este elemento nos aseguramos de que no desperdiciamos alimento cuando lo sacamos del silo y lo introducimos en el interior de las tuberías.

Pero primero deberemos de conocer cuál va a ser el diámetro de tuberías óptimo para nuestra planta, ya que, en función de este diámetro, varía la cantidad de comida que transporta cada hora.

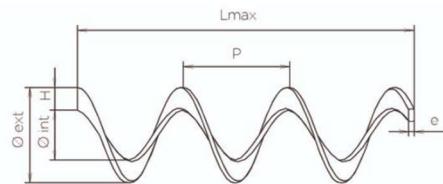


Ilustración 22: Medidas para la elección de la tubería

En este caso hemos decidido emplear el modelo de 55mm de diámetro, ya que se ajusta a nuestras necesidades tanto de longitud como de cantidad de comida transportada cada hora.

Referencia	Ø	Paso de espiras	Velocidad	Longitud max
G02013022140	55 mm	40 mm	520 kg/h	100 m

Tabla 1: Características tubo sistema de alimentación

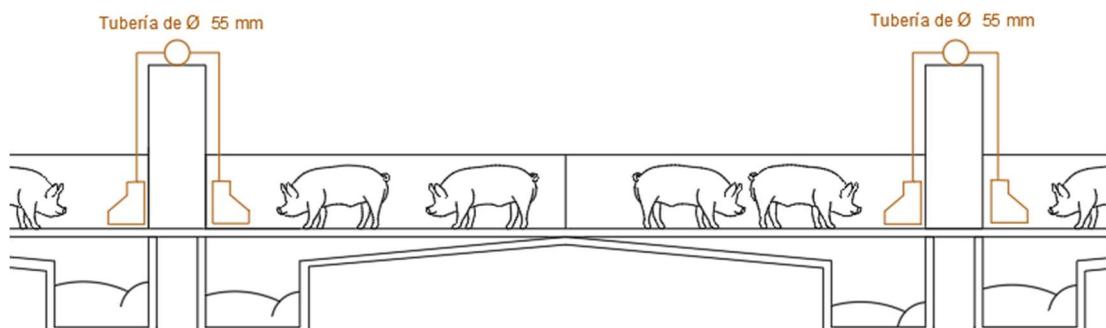


Ilustración 23: Sistema de transporte de comida.

4.4.3.3. Motor de transporte de comida

Para hacer girar este sistema de espiral, haremos huso de un motor con reductora que en este caso nos indica el fabricante del distribuidor por espiral, que características debe de tener este motor. [8]

Referencia	Tensión(V)	Pot (CV)	Corriente	Velocidad
3G99T0015A2A	230v/400v	1.5 CV	4.75 A	300 rpm

Tabla 2: Propiedades del motor sistema de alimentación



Ilustración 24: Motor para el sistema de alimentación.

Para poder transportar la comida en el sistema de alimentación por espiral, emplearemos una cesta o cajetín que será el que recoja el pienso extraído del silo. Esta cesta contara con dos tornillos sin fin, que giraran gracias a un único motor con sus respectiva reductora. Estos tornillos facilitarán la entrada del alimento al interior de las tuberías de 55mm de diámetro que se encargarán de transportar la comida a través de las dos líneas principales de la nave.

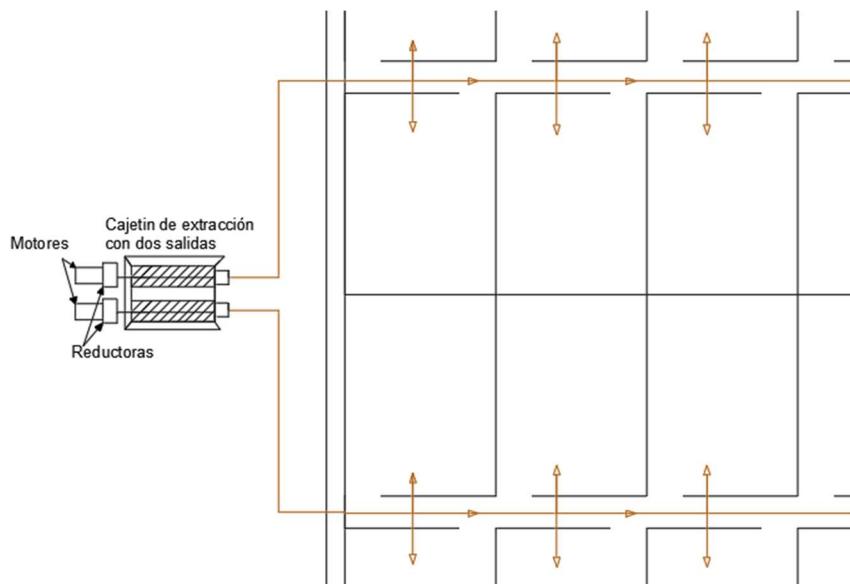


Ilustración 25: Sistema de entrada de comida.

4.4.3.4. Silo de comida

A la hora de elegir el silo más adecuado para nuestra explotación, es importante tener en cuenta una gama de aspectos, que nos ayudarán a encontrar aquel que mejor cubra nuestras necesidades.

Es importante que los silos nos aporten las prestaciones suficientes para conseguir los mejores resultados. El alimento se almacena para garantizar que no sufra pérdidas ni deterioro.

La serie de aspectos son; capacidad, que dependerá de la cantidad los alimentos que tenemos que almacenar, diseño y material. Estos serán los factores para tener en cuenta.

Las ventajas que ofrece cada tipo de silo se pueden valorar de manera justa porque dependiendo del tipo de silo tendremos unas funcionalidades, características u otros equipamientos auxiliares, que modifican sus propiedades, así como el precio final, evaluando todas las alternativas sin focalizarnos únicamente en el precio.

A continuación, podemos observar una imagen representativa de un silo especializado en almacenamiento de comida.[9]

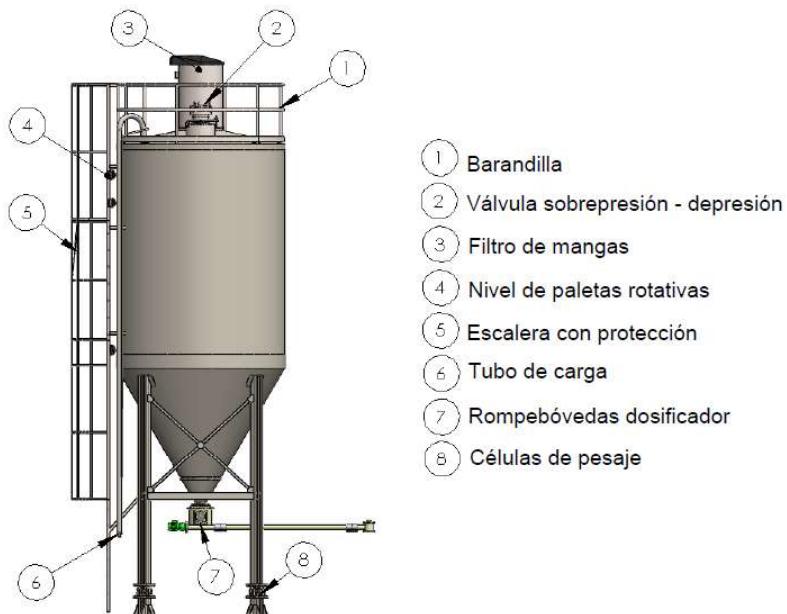


Ilustración 26: Partes de un silo

En el mercado podemos distinguir claramente dos tipos de silos:

- Silos metálicos: Los silos de metal suelen presentar geometrías cilíndricas o prismáticas. Los materiales con los que se fabrican estos silos suelen ser también muy diversos, casi siempre corresponderán al tipo de producto a almacenar capaz de encontrar en acero al carbono, acero inoxidable o acero galvanizado. [9]

Pero lo que todos tienen en común es la capacidad de almacenar cualquier tipo de producto. Estos se colocan en vertical tras su limpieza y posterior pesaje.



Ilustración 27: Silo metálico

Otra gran ventaja que podemos encontrar en este tipo de silos se trata de la facilidad que nos ofrece a la hora de controlar las condiciones de almacenamiento del producto, en concreto del pienso.

Ya que el producto a almacenar suele requerir de condiciones de conservación muy duras, que requiere una parametrización constante de los valores relacionados con la humedad y la temperatura.

Finalmente, el uso de este tipo de silos en un entorno industrial permite automatizar el proceso de carga a un costo muy bajo.

- Silos de poliéster: Los silos fabricados de poliéster ofrecen un óptimo almacenamiento del producto, con una alta resistencia tanto a los cambios de temperatura como a las corrosiones. [9]



Ilustración 28: Silo de poliéster (Fibra de vidrio).

El interior de este tipo de silos suele ser totalmente liso con un gran porcentaje de vidrio para mantener una alta resistencia mecánica. No necesitan un mantenimiento excesivo, ofreciendo una gran duración de vida útil y contando con un sabor y olor neutro, es decir no aportan sabor a los alimentos que se almacenan en su interior. Además, evitan la condensación y proporcionan una evacuación perfecta.

Antes de elegir el tipo de silo que vamos a emplear, deberemos hacernos una idea de la capacidad que vamos a necesitar. Para ello debemos comenzar realizando una serie de cálculos.

Comenzaremos calculando cuantos kilos de pienso se van a consumir diariamente. Como nuestra planta es de engorde, se estima que en este tipo de plantas los cerdos suelen engordar unos 600 a 700 g diarios, para ello los cerdos necesitan ingerir una media de 2,5Kg de pienso cada día, lo que nos indica un total de pienso diario de:

$$1500 \text{ cabezas} \cdot 2,5\text{kg} = 3750 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Conociendo este valor, podremos dimensionar el tamaño del silo que necesitaremos para almacenar nuestro pienso. Buscaremos un silo, que sea capaz de almacenar la suficiente cantidad de pienso para 10 días:

$$3750 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 10 \text{ días} = 37,5 \text{ T}$$

De esta forma, nos aseguramos de que siempre tendremos pienso para los animales, incluso en caso de tener problemas de abastecimiento con el proveedor.

Una vez conocemos la capacidad de nuestro silo, hemos decidido optar por los silos metálicos, en concreto de acero galvanizado debido a su gran variedad de capacidades, así como de accesorios.

Sin embargo, el motivo principal de esta elección se centra en la facilidad, que proporcionan este tipo de silos a la hora de controlar los parámetros de humedad y temperatura en su interior. Manteniendo el producto de almacenamiento en condiciones óptimas. Por ello elegiremos el siguiente silo:

Código	Diámetro (m)	Volumen (m ³)	Altura (m)	Capacidad (T)
CT45-01205	3,66	58,94	9,2	37,8

Tabla 3: Modelo y especificaciones de silo.

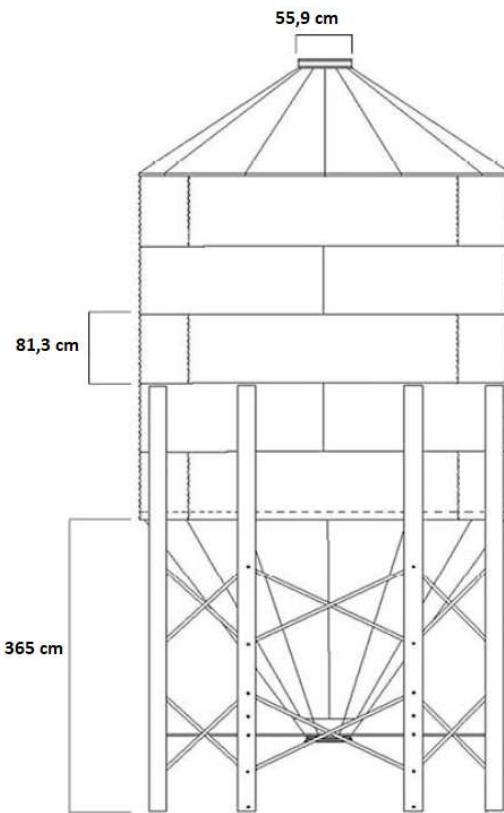


Ilustración 29: Características del silo.

4.4.4. Sistema de hidratación

4.4.4.1. Bebederos

En cuanto a los bebederos, nos hemos decantado por los de nivel constante, es decir que mantengan siempre el mismo nivel de agua, asegurándonos así, que todos los animales tengan agua para su consumo.



Ilustración 30: SWING DRINKER MIDI.

Con este bebedero nos aseguramos de que se mantiene el agua al nivel adecuado, ya que cuenta con una válvula de nivel de agua.

Para poder satisfacer correctamente las necesidades de la planta, hemos decidido emplear un bebedero para cada cuadra, lo que nos supone un total de 76 bebederos.

4.4.4.2. Transporte de agua

Para poder realizar un correcto transporte del agua deberemos diseñar un circuito de mangueras semirrígidas de PVC que irán dispuestas longitudinalmente por encima de ambos pasillos de la nave. A la altura de cada cuadra, se dividirá en dos tuberías que irá directamente hasta los bebederos, dejando la central para las siguientes cuadras.

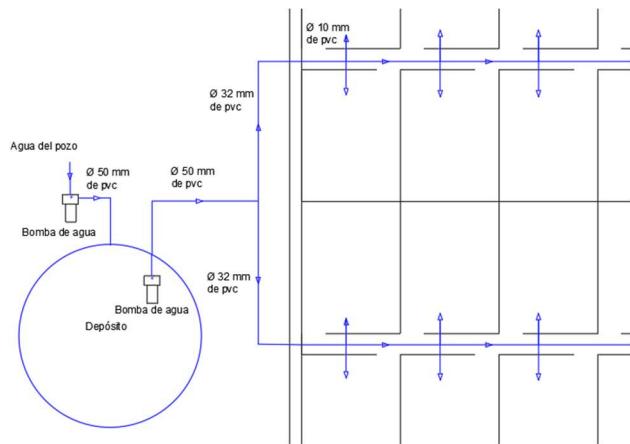


Ilustración 31: Circuito de agua en las cuadras

4.4.4.3. Bomba de transporte de agua

Para poder realizar el transporte del agua desde el pozo hasta el depósito necesitaremos una bomba con las siguientes características.[10]

Referencia	Potencia	Caudal max	Aspiración máxima	Entrada y salida
663189 modelo XTVS100	1 HP	350L/min	14m	2"

Tabla 4: Propiedades bomba de agua para tanque.



Ilustración 32: Bomba de agua para el tanque de agua.

En cuanto a la instalación del sistema de agua, contaremos con una bomba que será la encargada de extraer el agua del tanque.[11]

Referencia	Potencia	Caudal max	Aspiración máxima	Entrada y salida
664851 modelo MI-0-50	0.5 HP	45L/min	45m	2"

Tabla 5: Propiedades de bomba de suministro.



Ilustración 33: Bomba de suministro.

Posteriormente enviará el agua por una tubería de 50 mm de diámetro. Esta a su vez se dividirá en dos tuberías de 32 mm de diámetro, que recorrerán los pasillos longitudinalmente. A su vez saldrán tuberías de 10 mm para cada celda. Repartiendo así el agua para las 76 cuadras.

El material de las tuberías será PVC, ya que aportan ligereza, buena relación calidad precio y gran flexibilidad, asegurándonos de una fácil conexión entre ellas.

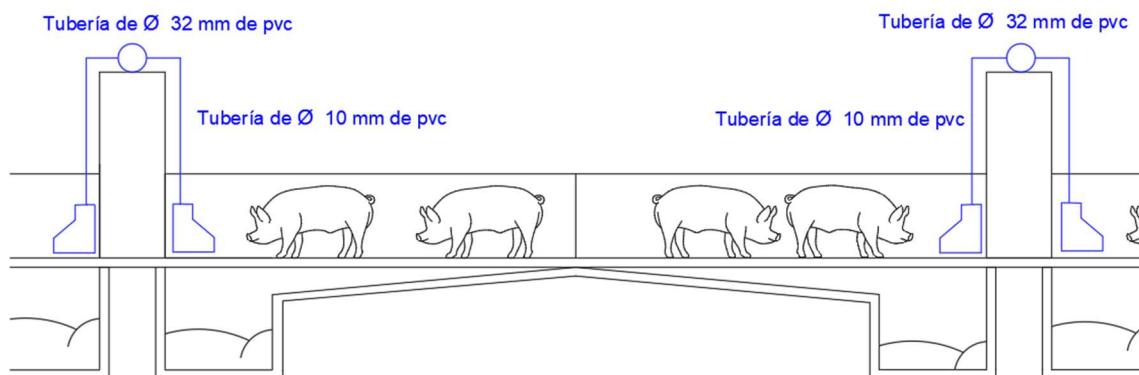


Ilustración 34: Diseño del circuito de agua.

Para nuestro sistema de extracción y almacenamiento de agua, emplearemos una bomba sumergible, capaz de elevar 350l/min de agua a una altura de unos 14m. Esta bomba es capaz de triturar aguas sucias, para evitar atascos. Esta elevará el agua desde el pozo hasta el depósito de agua donde quedará almacenada para su posterior consumo.

Desde el tanque hasta los bebederos será transportada por una segunda bomba que se encargará de distribuir el agua a cada uno de los 76 bebederos que encontramos en la planta. [12]

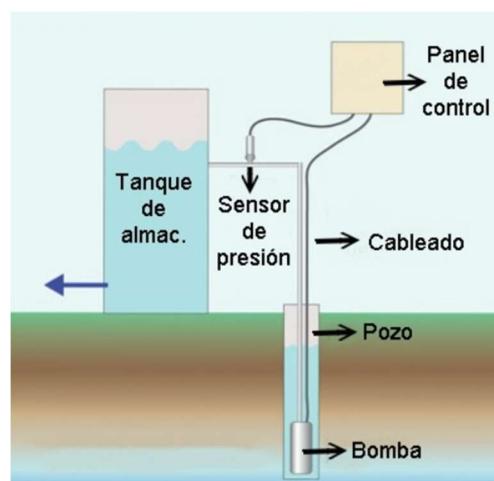


Ilustración 35: Sistema de extracción de agua.

4.4.4.4. Tanques de agua

En cuanto a los depósitos de agua, nos podemos encontrar varios tipos. Los más comunes son:

- Depósitos de agua metálicos: Son depósitos para almacenar agua, formados por una base de hormigón y paneles modulares de acero galvanizado, utilizando los tornillos y las juntas de unión que se sellan con un adhesivo resistente a la intemperie.

Todas las costuras están recubiertas para un sellado aún mayor. Cuentan con un revestimiento impermeable a base de cemento y resina.



Ilustración 36: Depósitos de acero.

Están construidos para uso continuo y pueden soportar temperaturas extremas, nieve y vientos fuertes. La alta calidad del acero galvanizado proporciona mayor resistencia a la corrosión. Están fabricados en acero galvanizado con un acabado de Galvanizado o prepintado.

- Depósitos de agua de fibra: Son depósitos fibrosos de alta calidad y espesor uniforme, que proporcionan mayor firmeza. Fabricados en diferentes formas, tamaños y capacidades (cilíndricos, rectangular, vertical y horizontal)



Ilustración 37: Depósitos de fibra de vidrio.

Para nuestro sistema de abastecimiento de agua hemos decidido emplear un depósito metálico, ya que resulta más manejable a la hora de montar y desmontar, además de resultar más económico.

Para calcular la capacidad del depósito, primero deberemos saber que los cerdos en esta etapa de engorde beben en torno a 6 litros diarios por cada cerdo. Es decir, diariamente se consume en nuestra planta una media de:

$$1500 \text{ cabezas} \cdot 6 \frac{\text{litros diarios}}{\text{cabeza}} = 9000 \text{ litros diarios}$$

Sin embargo, elegiremos un depósito que sea capaz de almacenar el agua suficiente para 10 días, para asegurarnos de que tenemos suficiente agua almacenada en caso de alguna avería en el sistema de extracción. Por lo que necesitaremos un depósito de:

$$9000 \text{ litros} \cdot 10 \text{ días} = 90000 \text{ litros}$$

Por ello hemos decidido elegir el siguiente depósito[13]:



Ilustración 38: Depósito de agua.

Modelo	Diámetro	Altura	Litros	Volumen (m³)
BMM.DDF01011	10,5	1	97.059	86.59

Tabla 6: Modelo depósito de agua.

4.4.5. Sistema de ventilación

El sistema de ventilación de las granjas de cerdos es esencial para proporcionar un ambiente saludable para los animales. Los cerdos son sensibles a la temperatura, la humedad y la calidad del aire, y los sistemas de ventilación adecuados pueden mejorar su calidad de vida y rendimiento.

Al elegir un sistema de ventilación para granjas de cerdos, es importante considerar factores como el número de animales, la densidad de población, el clima y la ubicación geográfica.

Existen varios tipos de sistemas de ventilación para las granjas de cerdos. Entre los que podemos encontrar:

4.4.5.1. Ventilación natural

Este sistema de ventilación utiliza las corrientes de aire naturales, para proporcionar un flujo de aire óptimo en la planta. El sistema utiliza aberturas en la pared, que dejan entrar el aire fresco, pudiendo controlar este flujo de aire, tapando estas aberturas. Además, cuenta con una serie de aberturas en el techo de la granja que permiten la extracción de los gases, y del aire caliente. La ventilación natural es la forma de ventilación más económica y simple, adecuada para granjas pequeñas y medianas con baja densidad de cabezas de ganado.

4.4.5.2. Ventilación artificial

Las granjas con tales mecanismos de ventilación utilizan extractores potentes para movilizar el aire desde el entorno externo hasta el interior. Debido a este mecanismo, puede controlar la tasa de reemplazo de aire, el flujo y la ingesta de aire. Ahora, para lograr este ciclo de aire, el extractor puede realizar tres tipos de presión: positivo, negativo y neutral[14].

- Presión positiva: Este tipo de sistema de ventilación suele ser más utilizado en climas fríos, se basa en la entrada de aire exterior mediante ventiladores situados en la parte superior. Su posterior extracción se realiza mediante una serie de compuertas situadas en la parte baja de la planta.
- Presión neutra: Este sistema se basa en la idea de introducir y extraer la misma cantidad de aire en la granja. Para ello se emplean ventiladores que se encargan de introducir aire y otros iguales que se encarguen de extraer la misma cantidad de aire.

- Presión negativa: Este tipo de sistema de ventilación es uno de los más habituales, se basa en la idea de extraer aire con ventiladores situados en la parte superior de la granja. Y a su vez se introduce aire del exterior mediante aberturas situadas en las paredes de la planta.

En nuestro caso realizaremos una instalación de ventilación de presión negativa ya que resulta un sistema fiable y fácil de mantener, además de resultar muy eficiente. Con este tipo de sistema, tendremos un mayor control de las condiciones de humedad, temperatura y gases en el interior de la planta.[15]

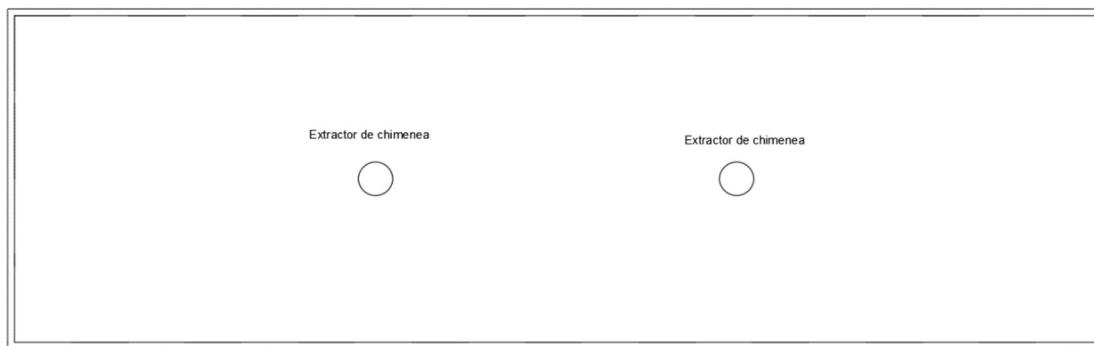


Ilustración 39: Disposición de ventiladores en la granja.

En esta instalación hemos decidido implantar 2 ventiladores de tipo chimenea:

Modelo	Tensión (V)	Corriente (A)	Q (m^3/h)	Aislamiento	Protección
GES.P4E40Q	230V	1A	4.840	Clase F	IP65

Tabla 7: Especificaciones de ventilador.



Ilustración 40: Ventilador de chimenea.

4.4.6. Sistema de iluminación

A la hora de realizar el diseño del sistema de iluminación deberemos tener en cuenta una serie de aspectos que resultan muy importantes para los cerdos.

Estos cerdos necesitan contar con una muy buena distribución de luz, es decir que no haya zonas más iluminadas que otras. Suelen crear rechazo a aquellas zonas que se encuentran, demasiado iluminadas o muy poco iluminadas. Tanto es así, que, si los pasillos se encuentran con una iluminación poco apropiada, estos pueden resistirse a entrar o pasar por ellos.

Otro de los aspectos más importantes para tener en cuenta se trata del parpadeo que pueden generar los fluorescentes, este tipo de parpadeo puede aumentar el nivel de estrés en estos animales, consiguiendo reducir la ingesta de alimento y comportamientos no adecuados. Es por ello por lo que se aconseja utilizar luces LED. En concreto un total de 40 tubos led.[16]

Es por ello por lo que nos hemos decantado por el siguiente modelo:



Ilustración 41: Modelo de iluminación.

Modelo	Color	Iluminación	Potencia	Voltaje
Ferax 36W	5000k	3700lm	36W	240V

Tabla 8: Características de iluminación.

4.4.7. Sistema de control

Con este proyecto, buscamos realizar una automatización de los parámetros más importantes que debemos tener en cuenta para asegurar el bienestar animal, así como mejorar la eficiencia y la productividad de la planta, reduciendo de esta forma la carga de trabajo manual.

Para poder llevar a cabo la automatización de este sistema, necesitaremos implantar una serie de elementos que ya están muy asentados en el mundo de la industria, pero que poco a poco va adquiriendo más fuerza en este sector.

Se trata del uso de los PLC o Controladores Lógicos Programables, que son los encargados de recibir la información proporcionada por los sensores, procesarla y enviar señales a los diferentes actuadores, en función de una serie de aspectos previamente programados.

Para poder desarrollar este proyecto, no es necesario emplear un PLC con grandes características, es por ello por lo que nos hemos decantado por uno de los más sencillos, buscando reducir de esta manera el precio.[17]

El modelo seleccionado en este caso es el siguiente:

SIMATIC S7-300, CPU 314C-2 DP, 24 DI/16 DO, 4 AI/ 2 AO



Ilustración 42: Simatic S7-300.

Este modelo en concreto es uno de los más sencillos que tiene Siemens, sin embargo, con este modelo nos aseguramos de que cumple con todas las especificaciones que requerimos tanto de programación, como de comunicación que en nuestro caso diseñaremos una red de MPI que nos permitirá comunicar el autómata con una pantalla HMI-SCADA.

Para poder realizar el diseño y la programación de nuestro sistema, emplearemos el software de Siemens conocido como SIMATIC STEP7. Tanto el software, como el autómata pertenecen a la anterior serie de Siemens.

Sin embargo, con este autómata se nos permite realizar su programación empleando la versión de software más moderna de la marca, conocido como TIA PORTAL, Con la posibilidad también de comunicarnos empleando el sistema Profinet.

Para la comunicación utilizaremos la tecnología MPI. No es solo un sistema de comunicación. Es una variedad de protocolo basado en el mismo paquete de tecnología de campo.

El sistema de bus fue desarrollado como una interfaz de programa para los autómatas programables de la serie S7.

Las siglas de MPI (interfaz multipunto) también está disponible como medio de comunicación entre componentes que se utilizan como "pantallas HMI" y como método homogéneo de comunicación entre elementos de automatización. Esta interfaz de comunicación se puede utilizar para todos productos de la serie Siemens S7.

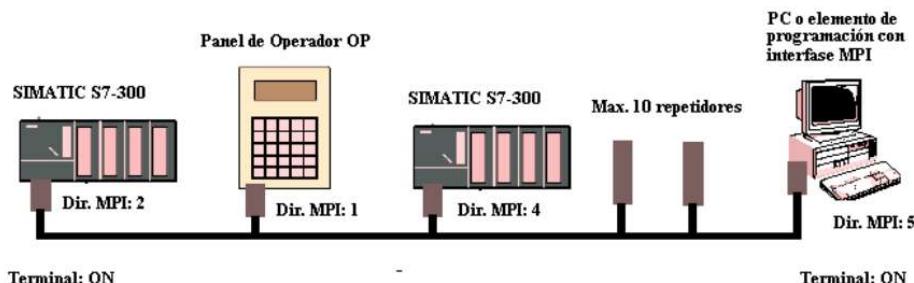


Ilustración 43: Comunicación MPI.

Las redes MPI utilizan cables apantallados de dos hilos. La longitud máxima del cable no puede superar los 50 m a menos que se utilicen repetidores.

la distancia máxima entre dos repetidores son 1000 m, siempre que no haya otros nodos conectados entre estos dos repetidores. Se pueden colocar hasta 10 repetidores.

Los componentes implicados en la configuración MPI, es decir, conectores, cables y repetidores RS 485, son los mismos que se utilizan en las redes PROFIBUS.



Ilustración 44: Cables MPI.

Como bien hemos comentado anteriormente, emplearemos una pantalla HMI, con la idea de mejorar y facilitar la interacción de nuestros trabajadores con el sistema. Con esta pantalla conseguiremos informar y dar el control de los aspectos más importantes de esta planta. Para ello deberemos elegir previamente cual será el modelo de pantalla más indicado para esta planta.

En nuestro caso, tratándose de una planta de engorde de ganado porcino buscaremos una pantalla que sea barata, sencilla de comunicar y que cuente con un tamaño de pantalla considerable, facilitando así la interacción de los trabajadores con la pantalla, en el caso de que tengan que pulsar la pantalla con guantes gruesos.[18]

Es por ello por lo que nos hemos decantado por un modelo de pantalla de 10" en concreto el Mobile panel 277 10".



Ilustración 45: Pantalla HMI.

Como bien hemos comentado anteriormente, con esta pantalla buscamos realizar un control de todos los procesos que está ejecutando el autómata. Es por ello por lo que necesitamos que cumpla con una serie de características, como puede ser el nivel de brillo, para que ningún trabajador tenga problemas a la hora de interactuar con la pantalla.

Además, cuenta con una pantalla mate, que nos permite eliminar los reflejos que puedan llevar a malentendidos o posibles problemas.

Las dimensiones de nuestro modelo elegido son de 10,4 pulgadas, con retroiluminación y a color lo que nos ayuda a tener mejor calidad y resolución en exteriores. A su vez, tiene resistencia al polvo y al agua IP 65, ya que se instalará en un entorno en el que periódicamente se realizarán limpiezas de todas las superficies con agentes químicos, para así desinfectar la planta y evitar posibles epidemias.

En cuanto a la comunicación con nuestro autómata, como bien hemos comentado anteriormente se realizará mediante MPI. Para el diseño de la pantalla, emplearemos el software de Siemens conocido como WinCC flexible, el cual nos facilita la simulación del programa del PLC con el de la pantalla.[19]

4.4.8. Configuración del software de control

Una vez conocemos los componentes principales que vamos a necesitar, procederemos a realizar la configuración del programa Step7. Esta configuración inicial, se centra en la elección de estos componentes dentro del software.

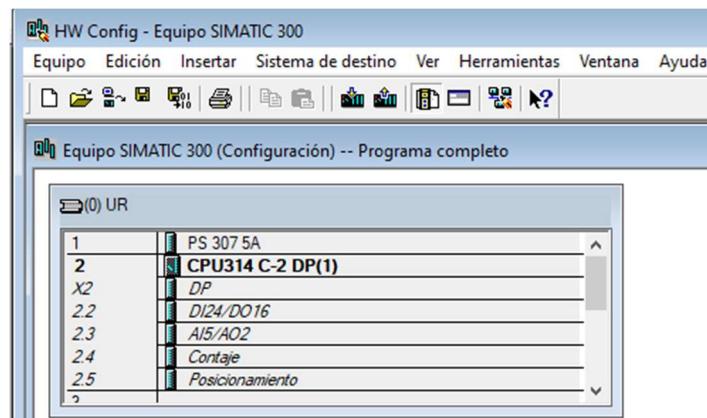


Ilustración 46: Configuración del software.

Una vez hemos introducido nuestro hardware, procederemos a observar la tabla inferior, donde se nos muestra cuales son las direcciones de entrada y salida de cada tarjeta del PLC. Deberemos tener en cuenta estas direcciones ya que serán las direcciones de nuestros sensores y actuadores.

The screenshot shows the HW Config software interface with a detailed table of module addresses and settings. The table is titled "(0) UR" and lists the following modules and their assigned addresses:

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S	Comentario
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0					
2	CPU314 C-2 DP(1)	6ES7 314-6CG03-0AB0	V2.6	2			
X2	DP				1023*		
2.2	DI24/DO16				124...126	124...125	
2.3	AI5/AO2				752...761	752...755	
2.4	Contaje				766...763	766...763	
2.5	Posicionamiento				784...799	784...799	

Ilustración 47: Direccionamiento de las tarjetas del PLC.

Una vez hemos configurado el hardware dentro del programa, deberemos insertar la estación HMI que crearemos y diseñaremos con el software de WinCC.

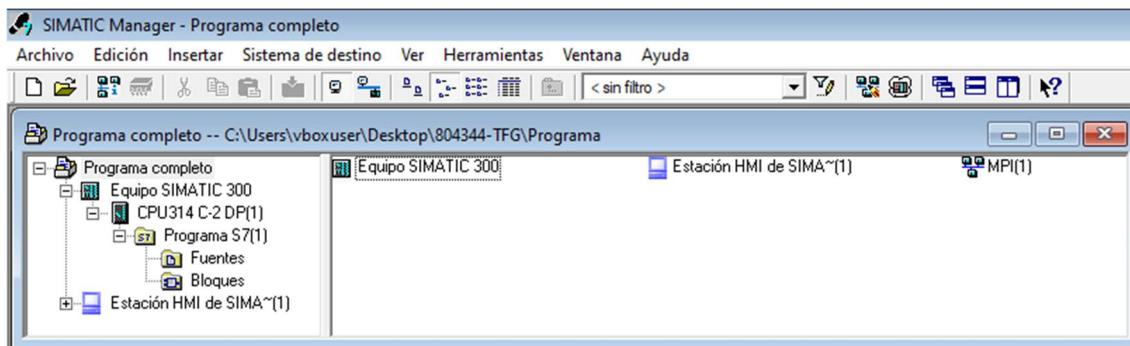


Ilustración 48: Insertar la estación HMI.

Después procederemos a realizar la comunicación del PLC con la pantalla HMI, mediante MPI nuestro PLC hará de Maestro en nuestra red y la pantalla hará la función de esclavo.

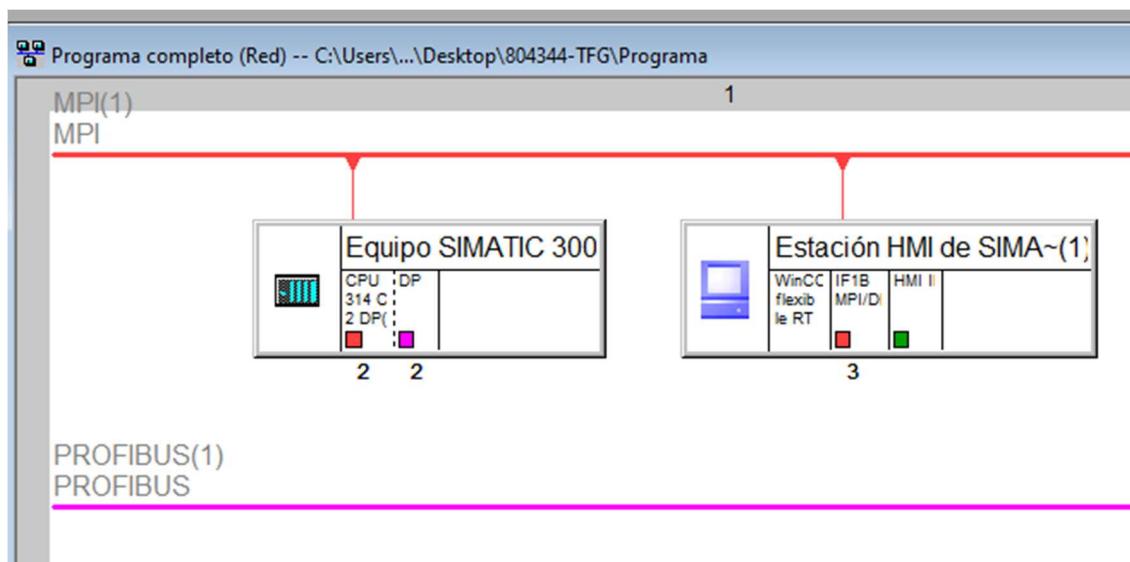


Ilustración 49: Diseño de la red MPI

Tras realizar el diseño de la red, deberemos comenzar con la programación del sistema. Para ello deberemos crear una estructura inicial sobre la que seccionaremos el programa. Estas divisiones se crean con la idea de facilitar la programación, así como la ejecución de este.

La implementación del programa estará dividida de la siguiente manera:

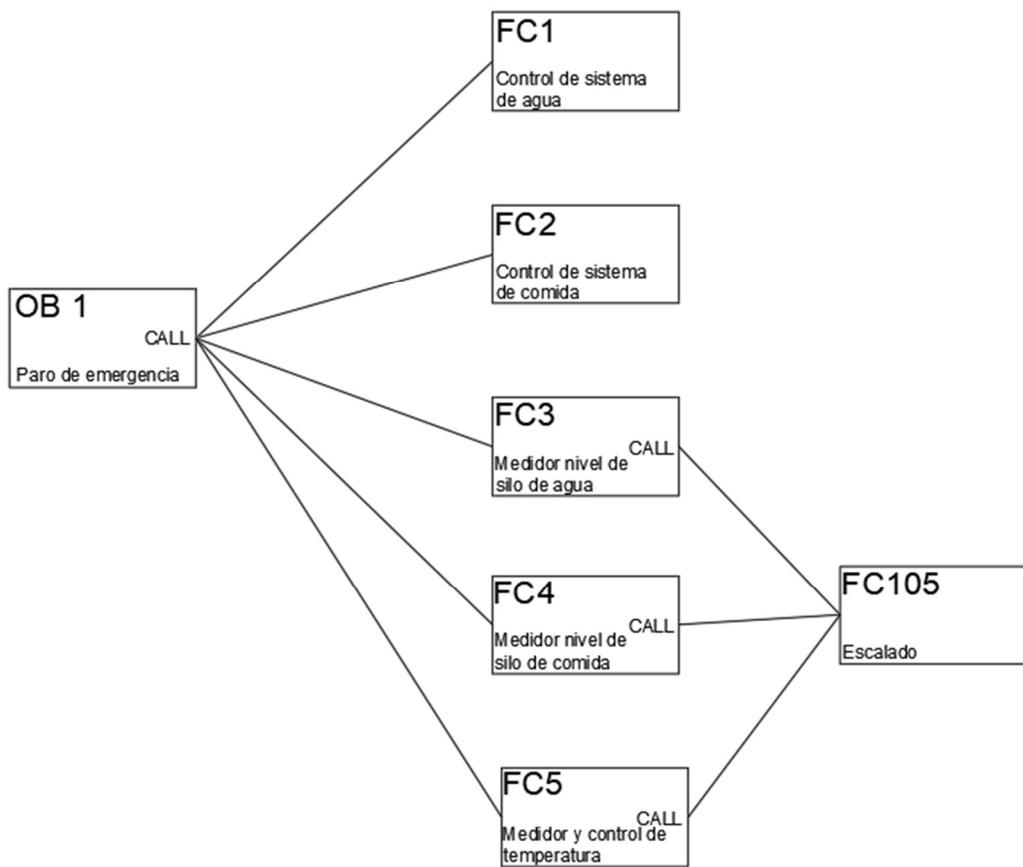


Ilustración 50: Estructura de bloques del programa.

- OB1: Este se conoce como Bloque de Organización, este bloque se ejecuta de forma cíclica en la CPU. Es por ello por lo que hemos programado en él, las llamadas a las otras funciones. Además de ello, en el hemos programado el sistema de paro en caso de emergencia.
- FC1: En esta función, hemos realizado la programación para tener un control manual u automático del sistema de agua. Con el podremos controlar la extracción de agua del pozo, así como el suministro general de agua para la planta.
- FC2: En esta función del programa conseguimos realizar un control general del sistema de alimentación de la granja.
- FC3: En esta función del programa nos encontramos con el medidor del nivel de tanque de agua, para ello emplearemos una función propia del autómata FC 105, que será la encargada de escalar el valor proporcionado por el sensor de nivel de agua, para obtener un valor que nos indicará el porcentaje actual de agua en el silo.

- FC4: En esta función, he programado un medidor de nivel de silo de comida. El funcionamiento básico se asemeja al medidor de agua también usando la función FC 105.
- FC5: En esta función del programa, conseguimos tener el control del sistema de regulación de temperatura, para ello hemos empleado la función FC 105 para escalar el valor proporcionado por el sensor de temperatura. Además, en esta función podremos regular tanto el rango de temperaturas máximo como el mínimo que deseamos mantener en esta planta.

Por último, para llevar a cabo la programación de la pantalla HMI, hemos empleado el software WinCC flexible. Con este software se nos permite vincular la tabla de símbolos creada en Step 7. Gracias a ello, conseguimos tener un control total de la planta.

4.5. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL

Para poder realizar la instalación y puesta en marcha del sistema de control para esta granja, primero deberemos realizar una selección de los componentes que vamos a utilizar, entre ellos podemos encontrar los sensores y sondas, así como los actuadores y el sistema de control que consta de la fuente de alimentación, del PLC y la pantalla HMI previamente elegida.

4.5.1. Sensores y sondas

SONDA DE TEMPERATURA

En este caso nos hemos decantado por una sonda de temperatura de la marca siemens, en concreto por el modelo QAM2161.040 que nos proporcionará una mayor compatibilidad con el resto del sistema. Con esta sonda de temperatura conseguiremos obtener un control total de la temperatura dentro de la nave, la cual es un factor clave para la productividad de la planta. Es por ello por lo que hemos decidido decantarnos por un modelo fiable además de económico.[20]



Ilustración 51: Sonda de temperatura.

Estas son algunas de las siguientes especificaciones técnicas de este producto.

Referencia	Rango de medida	Tensión de funcionamiento	Señal de salida
QAM2161.040	-50°C a 50°C	24V	0 a 10Vcc

Tabla 9: Especificaciones de sonda de temperatura.

SENSOR DE NIVEL LASER

Con este sensor de nivel buscamos tener un control detallado de los niveles de silo de comida, así como del nivel de agua del tanque. Estos valores de medidas son muy importantes para el funcionamiento de la planta, ya que un fallo en este aspecto puede suponer dejar sin agua o sin comida a toda la planta, lo que supondría grandes pérdidas económicas.[21]



Ilustración 52: Sensor de nivel laser.

A continuación, podemos observar algunas de las especificaciones más importantes de este sensor.

Producto	Rango de medida	Tensión (V)	Señal de salida	Resolución
LL-100	3m-50m	24VDC	4-20mA	10mm

Tabla 10: Especificaciones de Sensor de nivel.

SENSOR CAPACITIVO

Con este sensor capacitivo buscamos tener un control exhaustivo de los niveles de comida y agua que encontramos en el sistema de transporte de estos mismos.

Para ello dispondremos de un sensor de este tipo en el final de la línea, es decir en el último comedero o en el último comedero, con la idea de conocer si les está llegando agua o comida a los animales.



Ilustración 53: Sensor capacitivo KQ6002.

Estas son algunas de las características más importantes del modelo elegido para esta función.[22]

Referencia	Rango de medida	tensión	Señal de salida	Protección
KQ6002	12mm	10V-30VDC	100 mA	IP 69k

Tabla 11: Especificaciones sensor capacitivo.

4.5.2. Sistema de control

Para poder realizar el montaje del sistema de control deberemos conocer los principales elementos que conforman el sistema de control, en este caso está formado por una fuente de alimentación, un PLC y una pantalla HMI.

4.5.2.1. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación del PLC es necesaria para regular la corriente y el voltaje de la unidad central de procesamiento y los módulos electrónicos. La fuente de alimentación generalmente se encuentra en el mismo rack que la CPU y se puede configurar para adaptarse a las necesidades de voltaje y corriente.



Ilustración 54: Fuente de alimentación PS307 24V/5A.

La importancia de incluir una fuente de alimentación en un PLC es que protege contra interferencias electromagnéticas y cambios en el voltaje de la corriente alterna.

Algunas de las propiedades principales de nuestra fuente de alimentación son las siguientes.

Referencia	Tensión de entrada	Tensión de salida	Intensidad de salida
6ES7307-1EA01-0AA0	230V	24V	5A

Tabla 12: Características PS 307 24v/5a.

4.5.2.2. Autómata

Los Autómatas o PLC son controladores lógicos programables, es decir son el cerebro del sistema de control. Con él podremos controlar las entradas y salidas en función de lo que hayamos programado en él.



Ilustración 55: Autómata CPU314C-2DP.

Estas son algunas de las características más importantes a tener en cuenta para la elección de nuestro Autómata.

Referencia	6ES7 314-6CG03-0AB0
Tensión de Alimentación	24V
Entradas digitales	24 (0-24Vcc)
Salidas digitales	16 (0-24Vcc)
Entradas analógicas	4 (80mA)
Salidas analógicas	2 (50mA)
Potenciómetros	1 PT100
Contadores	256

Tabla 13: Características del Autómata CPU314C-2DP.

4.5.2.3. Pantalla HMI

Las pantallas HMI (Human Machine Interface) son dispositivos electrónicos que permiten a nuestros trabajadores que interactúen con la máquina o sistema automatizado de forma sencilla. Estas pantallas brindan retroalimentación visual y permiten al operador realizar operaciones y ajustes al sistema.

Las pantallas HMI nos permiten mostrar información en tiempo real sobre el estado del sistema, alertas de error, alarmas y otra información relevante. También permite que nuestros trabajadores interactúen con el sistema ingresando datos o comandos, como ajustar los parámetros de producción, iniciar o detener procesos, cambiar la configuración de la máquina y más.



Ilustración 56: Pantalla HMI MP 277 10" Touch.

Las pantallas HMI pueden tener una variedad de funciones y opciones de personalización, como la capacidad de mostrar información en diferentes idiomas, la capacidad de personalizar la interfaz de usuario y la capacidad de personalizar la información que se muestra en la pantalla. Estas son algunas de las características más importantes del modelo que he seleccionado.

Referencia	6AV6643-0CD01-1AX1.
Tipo de display	TFT
Diagonal de pantalla	10,4"
Resolución	640x480
Posibilidad de manejo	Táctil
Tensión de alimentación	24V DC

Tabla 14: Características HMI MP 277 10" Touch.

5. DESARROLLO

5.1. PROGRAMACIÓN

En cuanto al desarrollo de la programación de este proyecto, he decidido emplear el sistema de programación por bloques, el que nos ayuda a simplificar y a mantener ordenado el programa. Es por ello por lo que la explicación del programa la voy a dividir en estos mismos bloques.

Antes de continuar con la programación del sistema, merece la pena destacar la tabla de variables del programa, esta es una de las secciones más importantes de este proyecto, ya que en esta tabla aparecen las variables con su dirección y el tipo de dato de cada una de ellas.

Programa S7(1) (Símbolos) -- 804344\Equipo SIMATIC 300\CPU314 C-2 DP(1)					
	Estado	Símbolo	Dirección /	Tipo de dato	Comentario
1		Bomba de agua	A 124.0	BOOL	
2		Motor de comida	A 124.1	BOOL	
3		Emer Nivel bajo silo com	A 124.2	BOOL	
4		Bomba de agua 2	A 124.3	BOOL	
5		Sensor pozo	E 124.0	BOOL	
6		Sensor deposito agua	E 124.1	BOOL	
7		Auto bomba	E 124.2	BOOL	
8		Sensor deposito comida	E 124.3	BOOL	
9		Paro de emergencia	E 124.4	BOOL	
10		Sensor final de agua	E 124.5	BOOL	
11		Sensor final de comida	E 124.6	BOOL	
12		Manual bomba	E 124.7	BOOL	
13		SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
14		Sistema de agua	M 10.0	BOOL	
15		Manual de agua	M 10.1	BOOL	
16		Auto de agua	M 10.2	BOOL	
17		Sistema de emergencia	M 10.3	BOOL	
18		Auto de comida	M 10.4	BOOL	
19		Manual de comida	M 10.5	BOOL	
20		Sistema de comida	M 10.6	BOOL	
21		Boton bomba	M 10.7	BOOL	
22		Boton comida	M 11.0	BOOL	
23		Boton bomba 2	M 11.1	BOOL	
24		Sistema de agua 2	M 11.2	BOOL	
25		Sensor dep agua 10%	M 400.0	BOOL	
26		Notificación comida 10%	M 400.1	BOOL	
27		Sensor dep comida 1%	M 400.2	BOOL	
28		Ventiladores	M 400.3	BOOL	
29		Temp mínima	MD 60	REAL	
30		Temp máxima	MD 70	REAL	
31		nivel de agua	MD 80	REAL	
32		nivel de comida	MD 90	REAL	
33		Temperatura actual	MD 100	REAL	
34		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
35		Sensor dep	PEW 753	WORD	
36		Sensor silo comida	PEW 755	WORD	
37		Sensor de temperatura	PEW 757	WORD	

Ilustración 57: Tabla de símbolos.

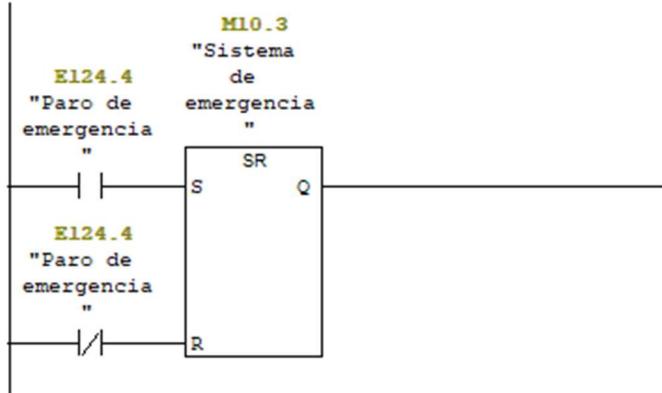
Una vez conocemos todas las variables con sus direcciones y sus tipos de datos, comenzaremos con la explicación del programa. Para ello realizare la explicación de cada segmento mostrado en fotos.

OB1

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Bloque de organizacion, encargado de llamar a las otras funciones y de controlar el sistema de emergencia.

Segm. 1: Control del sistema de emergencia



☒ Segm. 2 : Llamada a las funciones del programa.

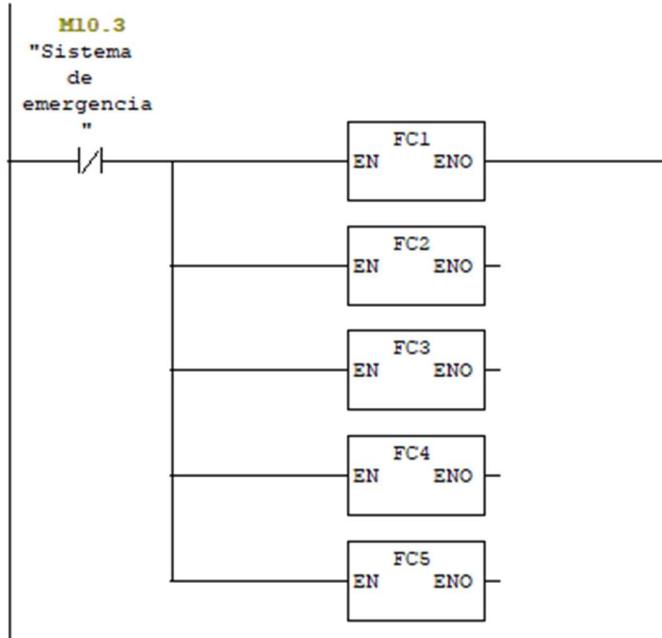


Ilustración 58: Programación OB1.

Este es el bloque de organización, es decir es el bloque encargado de ejecutar cíclicamente los segmentos programados en su interior, es por ello, por lo que, en él hacemos las llamadas al resto de funciones del programa.

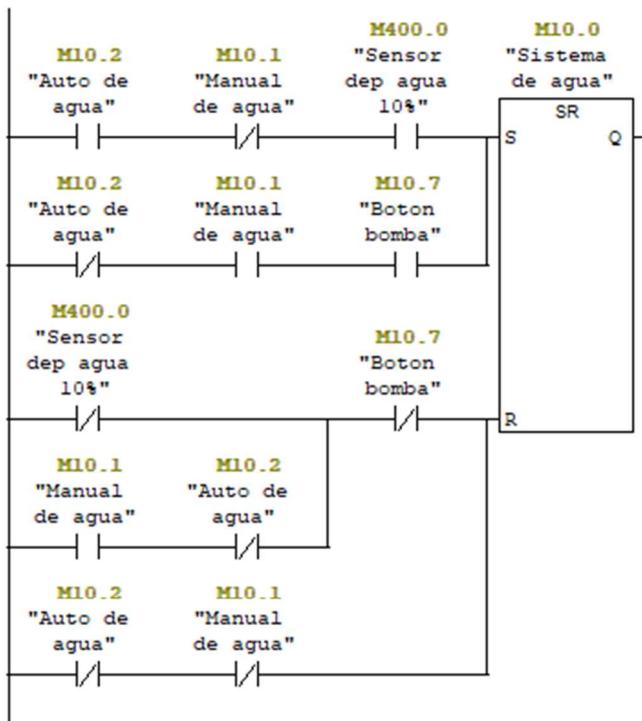
Para poder ejecutar estas llamadas a las funciones, primero se debe dar la condición de paro de emergencia, que ha sido programado mediante una báscula Set/Reset, la cual nos permitirá cortar esta llamada a los FC en caso de emergencia.

FC1

FC1 : CONTROL DEL SISTEMA DE AGUA

la M400.0 es la marca del sensor de deposito

☒ Segm. 1 : Control del sistema de agua para enviar agua del pozo al tanque



☒ Segm. 2 : Activacion de la bomba de agua del pozo



Ilustración 59: Programación FC1 bomba pozo.

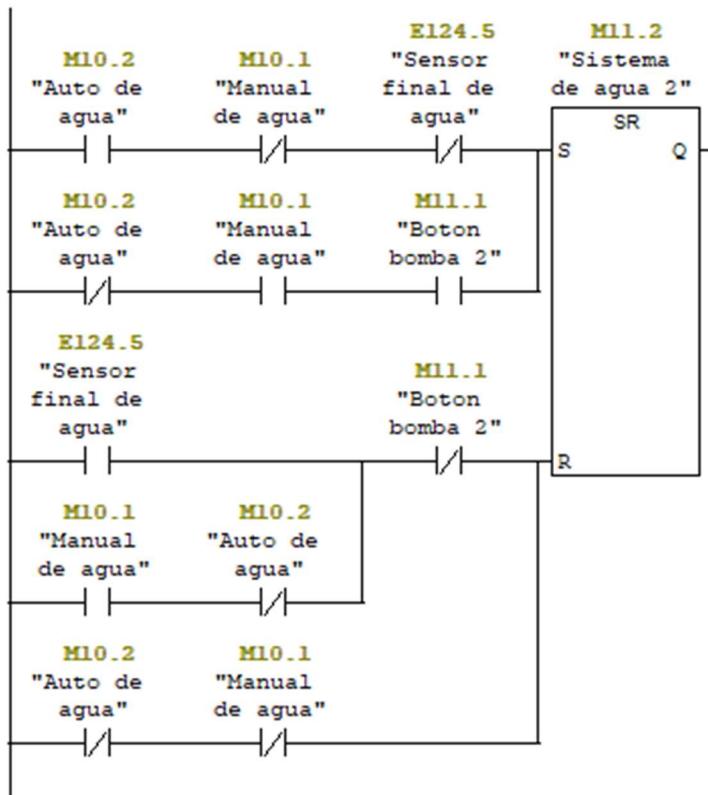
En esta función FC1, he programado el control total del sistema de agua, en los dos primeros segmentos de programación se puede encontrar el control de la bomba que extrae el agua del pozo y lo introduce en el depósito.

En el segmento 1 podemos encontrar la programación que nos permite llevar un control de forma automática.

Es decir, en el momento en el que el modo automático se encuentra activo, no comenzara a funcionar hasta que no se de la situación de que el depósito de agua se encuentre por debajo del 10%, dará funcionamiento al sistema de agua que permitirá funcionar a la bomba hasta que llegue al 95%, en donde se detendrá.

En caso de buscar un funcionamiento de forma manual, primero deberemos desactivar el modo automático y activar el modo manual. Una vez estamos en manual, no se activará la bomba hasta que no pulsemos el botón de bomba, que nos permitirá activar esta bomba de llenado del depósito hasta que dejemos de pulsar. Independientemente del nivel del depósito.

□ Segm. 3: Control para enviar agua del tanque a los bebederos



□ Segm. 4 : Activacion de la bomba de agua para los bebederos



Ilustración 60: Programación FC1 Bomba bebederos.

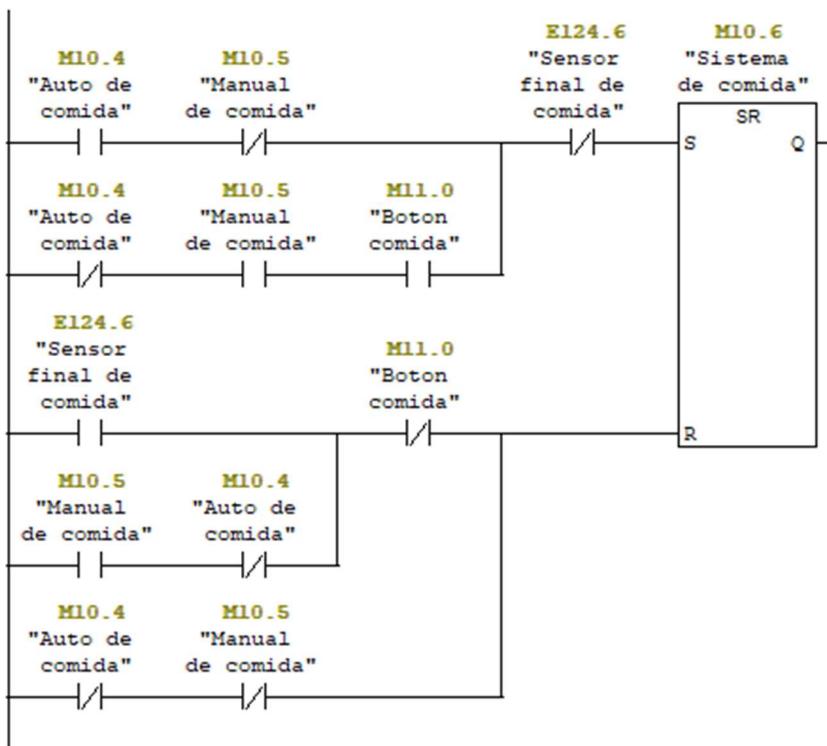
En este caso con el segmento 3 conseguimos lo mismo que en el segmento 1, simplemente sustituyendo en el modo automático la activación de la bomba al llegar al 1% por un sensor que detecta el agua al final de la línea de transporte, lo que nos indicará que se puede suministrar agua al sistema. En este caso la bomba de activación se trata de la bomba encargada de extraer el agua del contenedor y suministrarlo al sistema de transporte.

FC2

FC2 : CONTROL DE COMIDA

Comentario:

Segm. 1: Sistema de control de comida



Segm. 2 : Activacion del motor para enviar la comida del silo al interior



Ilustración 61: Programación FC2 motor comida silo.

En esta función, podemos encontrar la programación del sistema de control de transporte de comida que como se puede observar es un sistema similar al de abastecimiento de agua.

Ya que contamos con la opción de controlar este sistema de forma manual o automática.

La única diferencia que existe es que si se detecta comida en el final de la línea este motor se detiene. Independientemente del nivel del silo.

☒ Segm. 3 : Notificación de nivel bajo decomida en el silo



Ilustración 62: Programación FC2 emergencia nivel bajo de silo.

En esta parte del segmento nos encontramos con la programación del sistema de notificación de nivel bajo de silo, es decir en modo automático el motor seguirá extrayendo comida del silo siempre que le indique el sensor del final de la línea.

Sin embargo, en caso de que el silo se encuentre por debajo del 10% de su nivel máximo, se nos activara una salida para informarnos de ello.

FC3

FC3 : MEDIDOR DE NIVEL DE AGUA EN EL DEPOSITO

Comentario:

Segm. 1 : Escalado de la señal del sensor de nivel

La entrada PEW753 se escala. En concreto se escala la tensión que da el sensor, que entra al automata y puede ser de 0V a 10v o a 12 o a 24v. Este rango lo escala el automata de 0 a 27648.

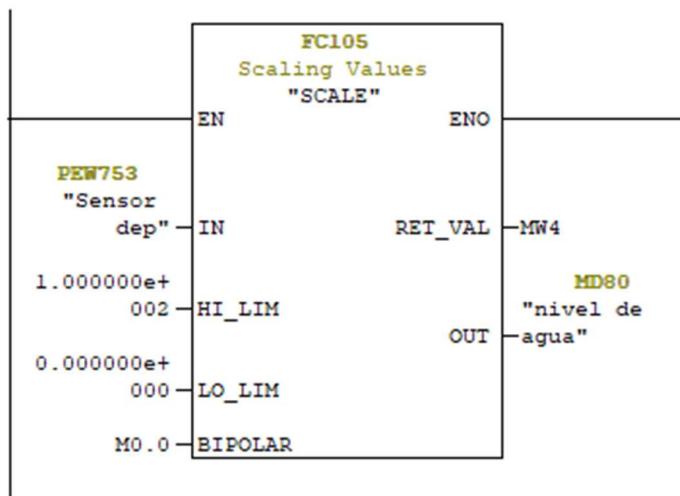


Ilustración 63: Programación FC3 escalado depósito de agua.

En esta función, podremos encontrar en el primer segmento la programación del escalado de la señal que nos proporciona el sensor de nivel del depósito de agua.

Para ello hemos empleado la función FC 105, que nos permite establecer la señal de entrada del sensor.

Esta entrada puede variar en función de lo que indiquemos en la entrada bipolar. Como no activamos la entrada bipolar, el valor entero de entrada debe estar entre 0 y 27648.

Además, indicaremos que el nivel del depósito debe variar entre 0% y 100%. Lo que conseguiremos así será extraer a la salida un porcentaje, que nos indicará el nivel del depósito.

■ Segm. 2: Comparación del nivel del silo con unos valores determinados

EN esta etapa comparamos el valor de salida del escalado, es decir comparamos el MD 80 que toma valores de (0% a 100%). Lo comparamos con un valor de 10% es decir que cuando se encuentra el MD80 por encima de 10% el M400.0 no se activa. y si se encuentra por debajo de 10% se activa la marca M400.0 hasta que se llene al 95%

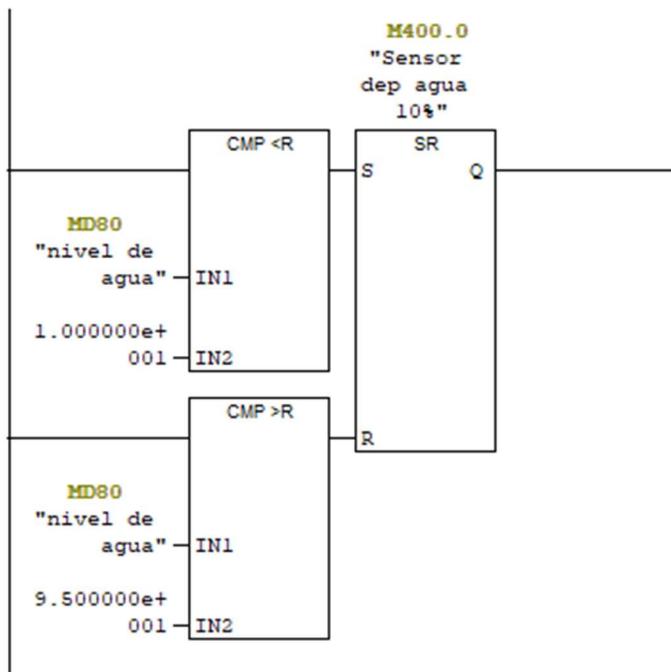


Ilustración 64: Programación FC3 comparación del nivel de depósito.

En este segundo segmento, realizamos la comparación del nivel de agua actual del depósito de agua, marcando el límite mínimo de 10% con el que conseguiremos activar la bomba de extracción de agua del pozo.

Y cuando el nivel de agua llegue al 95%, esta bomba de llenado del depósito se detendrá.

FC4

FC4 : MEDIDOR NIVEL DE COMIDA EN EL SILO

Comentario:

Segm. 1 : Escalado de la señal del detector de nivel

Realizamos un escalado del nivel de comida que hay en el silo.

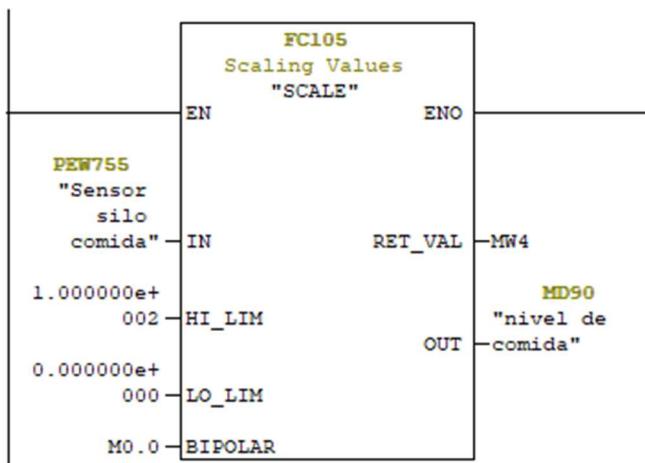


Ilustración 65: Programación FC4 escalado depósito de comida.

En esta función, hemos realizado un escalado de la señal proporcionada por el sensor de nivel de comida en el silo.

En este caso el escalado se ha configurado de una forma similar al escalado del depósito de comida.

Segm. 2 : Comparacion del nivel de comida con unos valores marcados

Cuando el silo de comida se encuentra por debajo del 25%, se activara la M400.1 que sera la encargada de notificar el nivel bajo de silo.

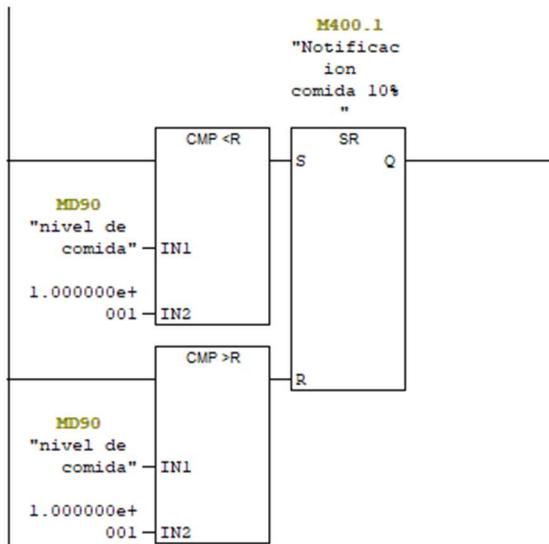


Ilustración 66: Programación FC4 comparación del nivel de comida.

En este segundo segmento encontramos la comparación del nivel de silo en porcentaje, que será comparado con un valor predeterminado en este caso del 10%.

Es decir, cuando el nivel del silo se encuentre por debajo del 10% se activará una señal de emergencia.

□ Segm. 3 : Activacion de la señal de emergencia de nivel bajo

Con esto conseguiremos activar una notificación de nivel bajo de silo.



Ilustración 67: Programación FC4 emergencia nivel bajo de silo.

En este segmento activaremos la notificación de emergencia en caso de nivel bajo de silo.

FC5

FC5 : MEDICION Y CONTROL DE TEMPERATURA

Comentario:

Segm. 1 : Escalado de la señal del sensor de temperatura

Escalado de la temperatura actual

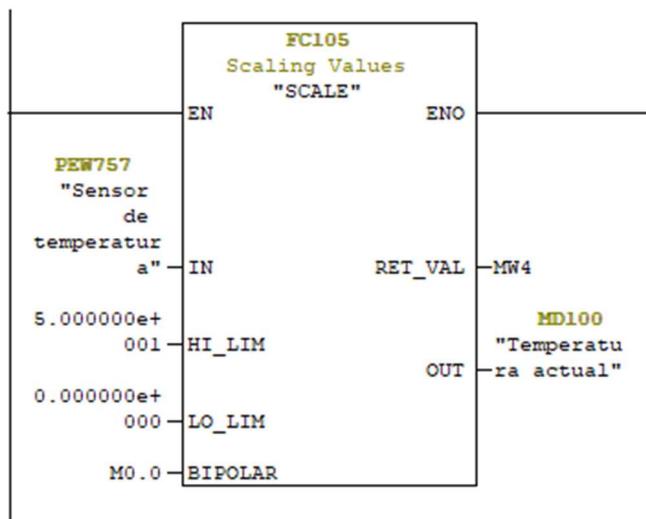


Ilustración 68: Programación FC5 escalado del sensor de temperatura.

En esta función, encontramos la programación del sistema de medición y control de temperatura de la granja, en este primer segmento, nos encontramos la función escala cuya programación ha sido similar al de nivel de comida y agua. Lo único que se ha modificado ha sido el nivel máximo del escalado, que puede variar la señal de salida entre 0 y 50 grados, como bien nos indica el fabricante de nuestro sensor de temperatura.

Segm. 2: Comparacion de la temperatura actual con la maxima

Comparacion del valor de temperatura actual que nos muestra el MD100 y lo comparamos con el valor de temperatura maxima que queremos que lo marca el MD70

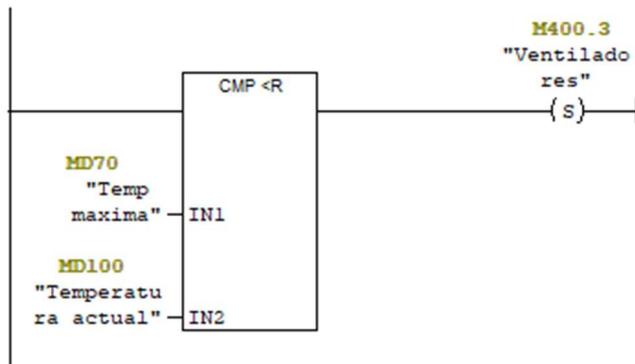


Ilustración 69: Programación FC5 activación de los ventiladores.

En este segundo segmento conseguiremos hacer una comparación entre el límite de temperatura máxima que deseamos, con la temperatura actual. Si la temperatura actual supera el valor máximo que hemos establecido mediante una barra deslizadora en el SCADA, se activará el funcionamiento de los ventiladores.

■ Segm. 3 : Comparacion de la temperatura actual con la minima

Comparacion del valor de temperatura actual que nos muestra el MD100 y lo comparamos con el valor de temperatura minima que queremos que lo marca el MD60

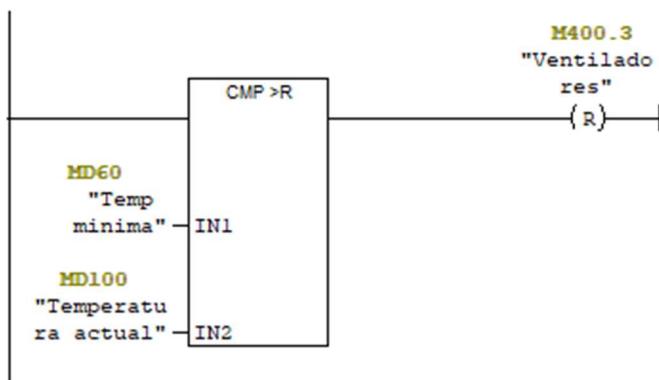


Ilustración 70: Programación FC5 desactivar los ventiladores.

De la misma forma, en este segmento estableceremos el valor de temperatura mínima que deseamos para nuestro sistema y lo compararemos con nuestra temperatura actual. Si el valor de temperatura actual es inferior, se apagarán los ventiladores.

5.2. PROGRAMACIÓN SCADA

Tras realizar la programación y explicación completa de nuestro programa, continuamos realizando el diseño y configuración de la pantalla. La idea en la que me centré a la hora de realizar este diseño se basaba en buscar la máxima sencillez y claridad.

Con esta idea de sencillez, conseguiremos facilitar al operario el control de la planta, además, de evitar posibles fallos en el futuro. Consiguiendo así, que el operario puede observar de un vistazo cuales son las entradas y salidas que puede activar o desactivar. Así como los pilotos indicadores de estado, que muestran el funcionamiento en el que se encuentran las bombas, así como los ventiladores.

Como podemos observar, vamos a seguir la siguiente estructura de imágenes, que iremos explicando una a una cuales son las funciones principales de cada una:

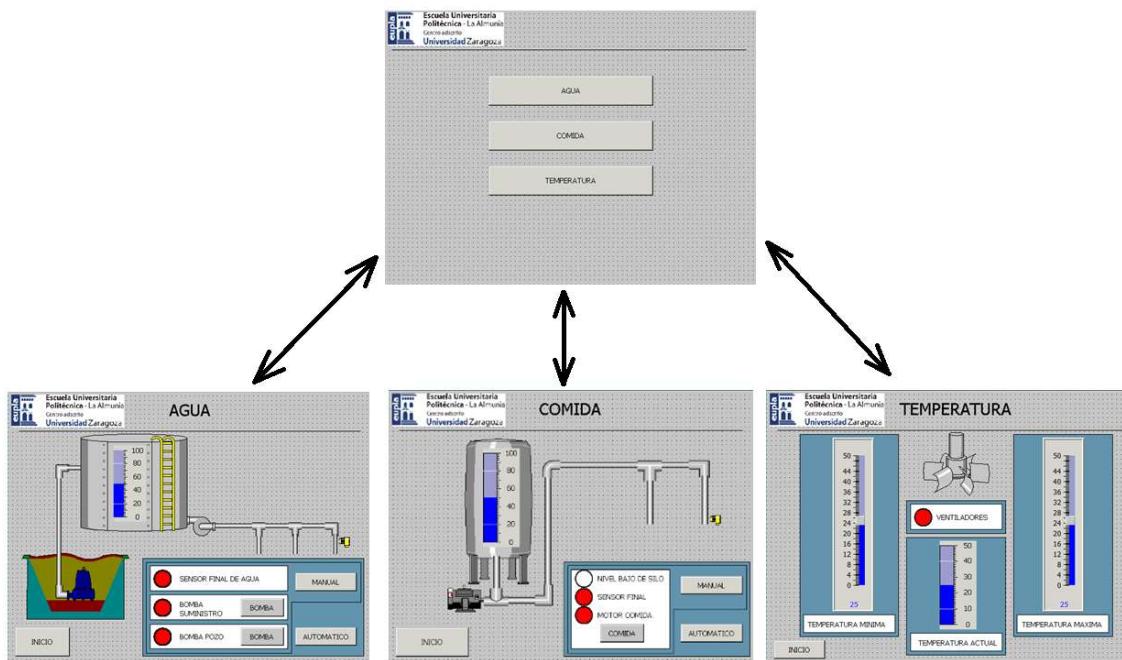


Ilustración 71: Estructura de las pantallas.

Pantalla de INICIO:

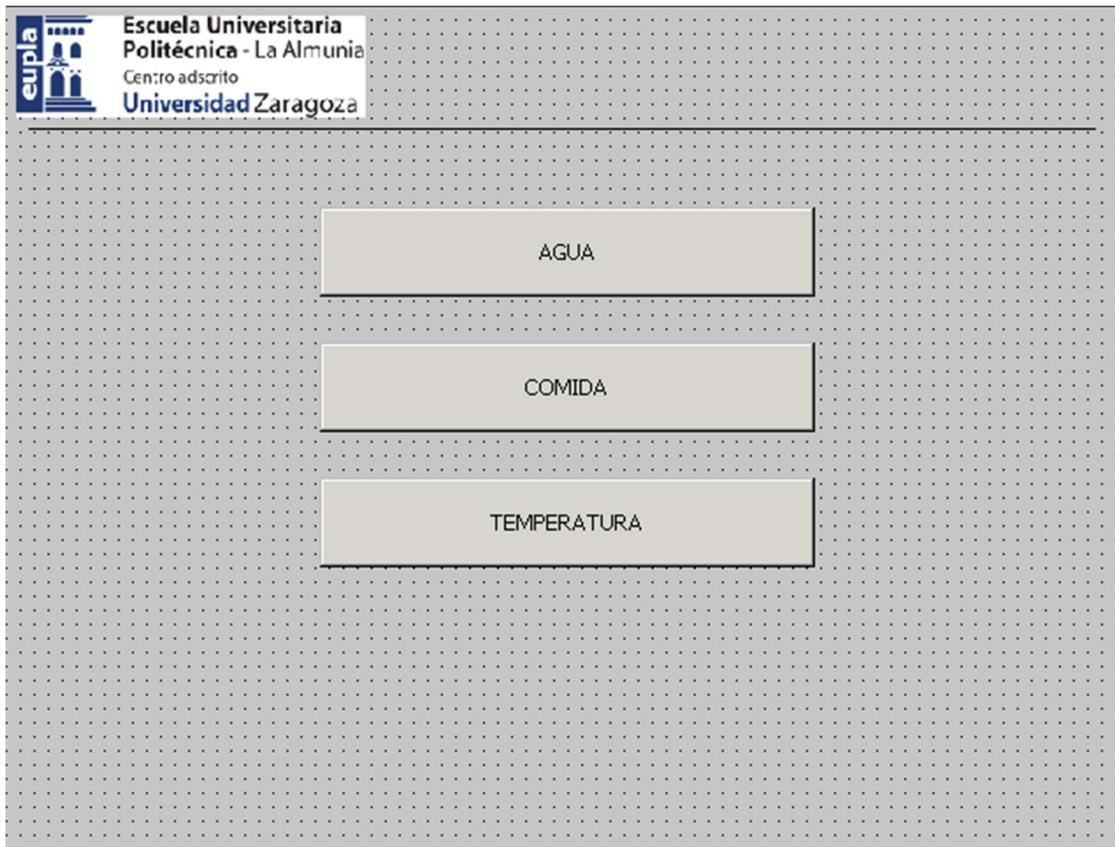


Ilustración 72: Pantalla inicial de HMI.

Como se puede observar estamos ante la primera imagen del programa del SCADA. Esta pantalla, nos servirá de imagen principal, con la que podremos acceder y navegar por las otras tres imágenes.

Para acceder a cualquiera de las otras tres imágenes, simplemente deberemos pulsar en el botón que nosotros deseemos, para así redirigirnos automáticamente hacia ella.

Como bien he comentado, esta imagen de inicio cuenta con tres pulsadores:

- Pulsador de Agua: Como bien dice el nombre, con este pulsador accederemos a la pantalla que nos permitirá tener el control del sistema de abastecimiento de agua, así como llevar el control de los diferentes factores.
- Pulsador de Comida: Nos permitirá acceder a la imagen donde tendremos el control del sistema de almacenamiento y transporte de comida.
- Pulsador de temperatura: Nos dará acceso a la imagen donde podremos controlar la temperatura de la planta.

Pantalla de AGUA:

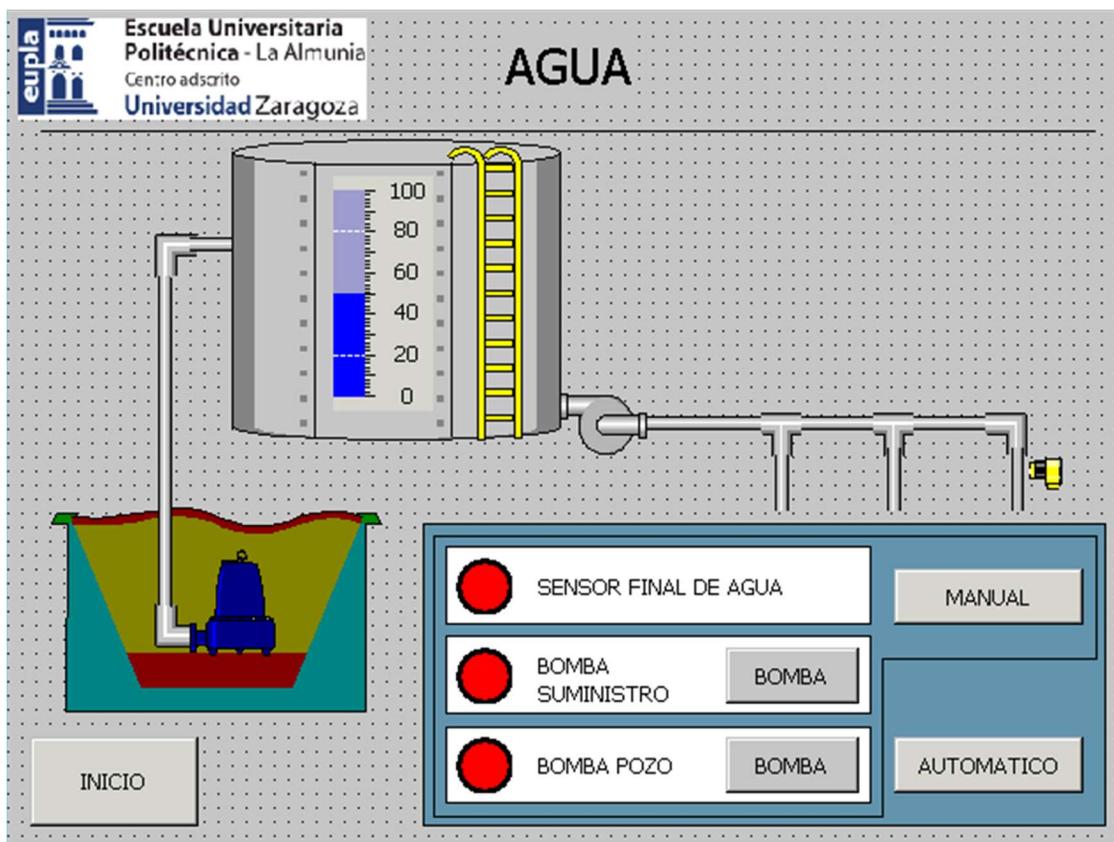


Ilustración 73: Pantalla de HMI, para el control de agua.

En esta primera imagen, nos encontramos ante el control del sistema de abastecimiento de agua para la planta. Que como bien podremos diferenciar, se compone de dos bombas de agua, un sensor que nos indica el nivel de agua en el depósito y por último un detector que se encuentra al final de la línea de suministro.

Nos encontramos con un botón de inicio, que nos permitirá dirigirnos automáticamente a la pantalla general, sin tener que pasar por otras pantallas.

Un pulsador automático que nos permitirá accionar el funcionamiento de abastecimiento de agua de forma automática. Donde se nos mostrará en los indicadores rojos que componentes se encuentran en funcionamiento, así como el nivel de agua.

Un pulsador manual, que para activarlo deberemos desactivar previamente el pulsador automático. Una vez nos encontramos en modo manual, tendremos posibilidad de activar y desactivar ambas bombas.

Pantalla de COMIDA:

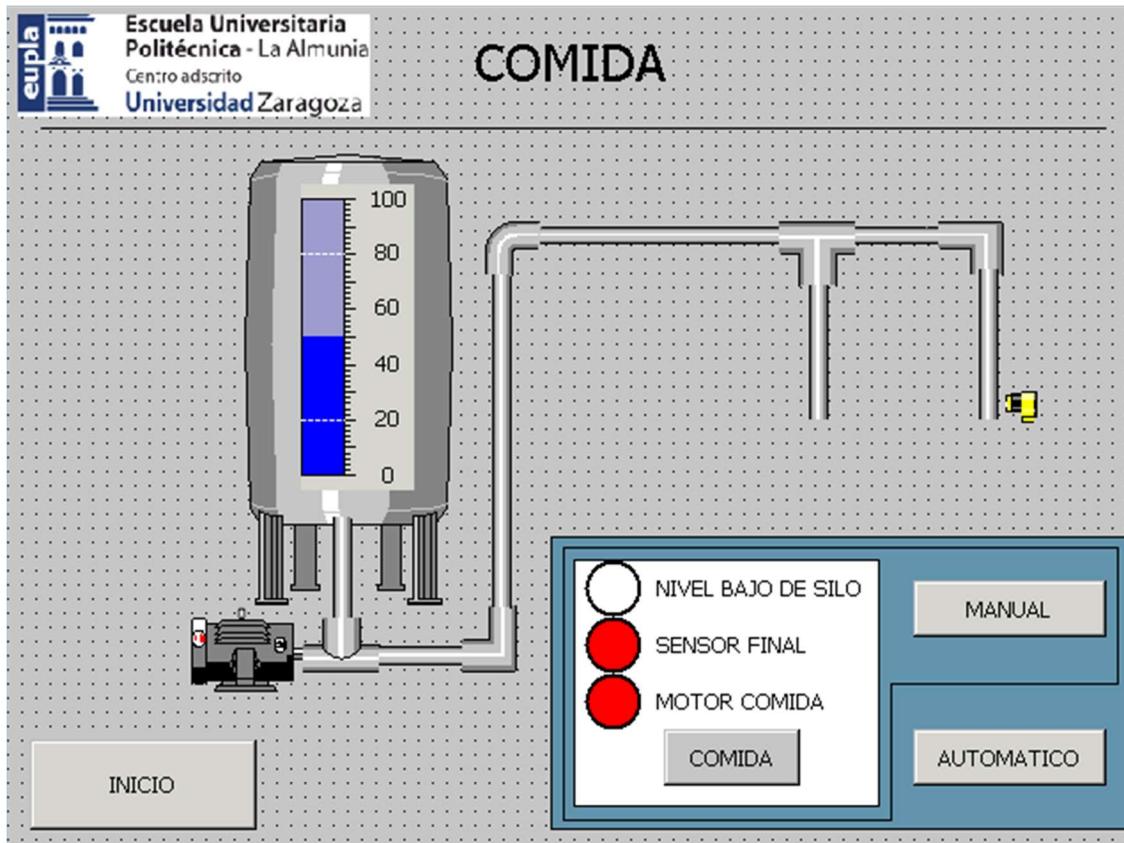


Ilustración 74: Pantalla de HMI, para control de comida.

En esta segunda imagen, nos encontramos con el control del sistema de abastecimiento de comida. En este caso encontramos un único motor, un sensor de nivel de comida en el silo y un sensor de comida al final de la línea de suministro.

En esta imagen, también encontramos un botón de inicio, que nos permitirá acceder directamente a la imagen de inicio, sin tener que pasar por otras imágenes.

En este caso, disponemos de un sistema automático/ manual, similar al del sistema de agua, donde únicamente tendremos acceso al control de un único motor, que será el encargado de transportar la comida por toda la planta, a través de una tubería. Haciendo girar un tornillo sin fin en su interior.

En este caso, dispondremos de una señal de alarma en caso de que el silo se encuentre por debajo del 10%. Esta alarma deberá ser revisada diariamente por parte de los operarios.

Pantalla de TEMPERATURA:

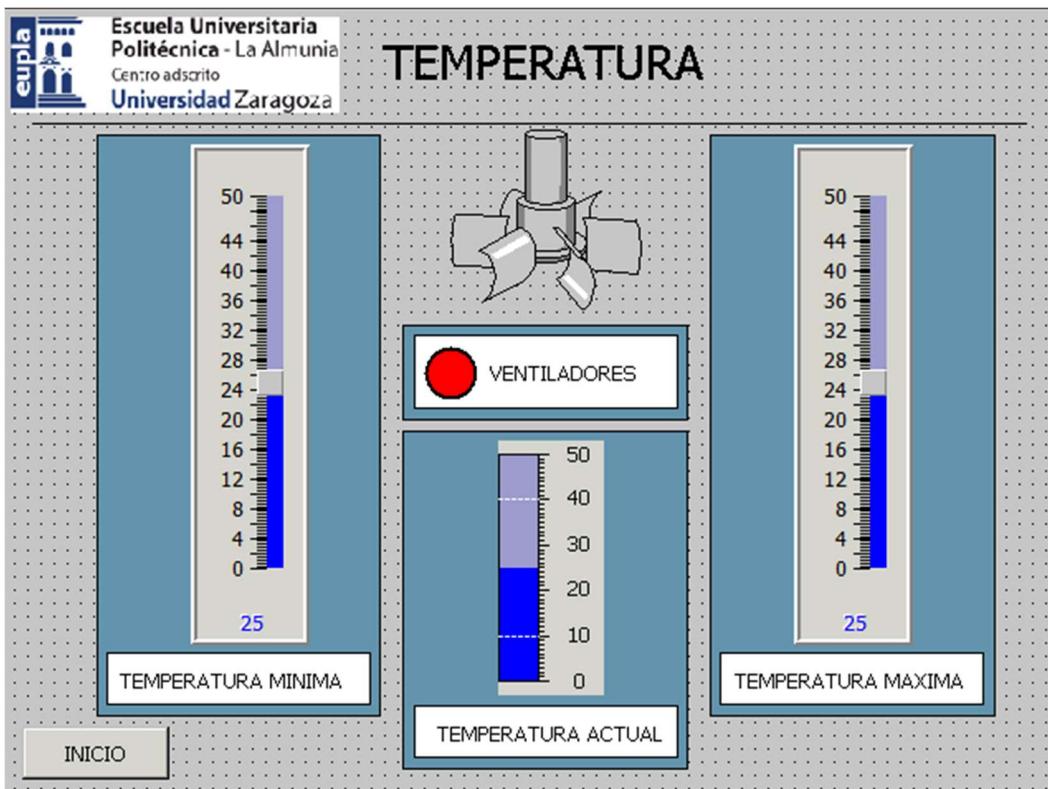


Ilustración 75: Pantalla de HMI, para control de temperatura.

Esta tercera y última imagen, es la encargada de llevar el control de la temperatura en la planta. Como podemos observar disponemos de tres indicadores.

- Temperatura mínima: Este es el indicador de la izquierda, se compone por un deslizador, que nos permite establecer la temperatura mínima que deseamos en la granja.
- Temperatura actual: Este es el indicador del centro. Es un indicador que nos marca la temperatura a la que se encuentra la granja.
- Temperatura máxima: Este es el indicador de la derecha. Este está formado por un deslizador, que nos permite establecer la temperatura máxima que deseamos en la granja.

De esta forma podremos indicar el valor mínimo de temperatura que deseamos para la planta. Cuando la temperatura se encuentre por debajo de esta temperatura mínima que hemos establecido, los ventiladores se detendrán.

Cuando esta temperatura de la nave sea superior a la máxima, hará que comiencen a funcionar estos ventiladores. Poniéndose verde el indicador luminoso.

6. SIMULACIÓN DEL PROGRAMA

Con este apartado, se pretende observar en funcionamiento el sistema de control de la planta, mediante el SCADA. Para ello, realizare una pequeña explicación de lo que va ocurriendo durante la simulación.

Comenzaremos con la pantalla principal, que será la que nos de acceso al resto de imágenes.

6.1. CONTROL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Una vez accedemos a la pantalla que controla el sistema de abastecimiento de agua, podremos observar que se encuentra en modo automático.

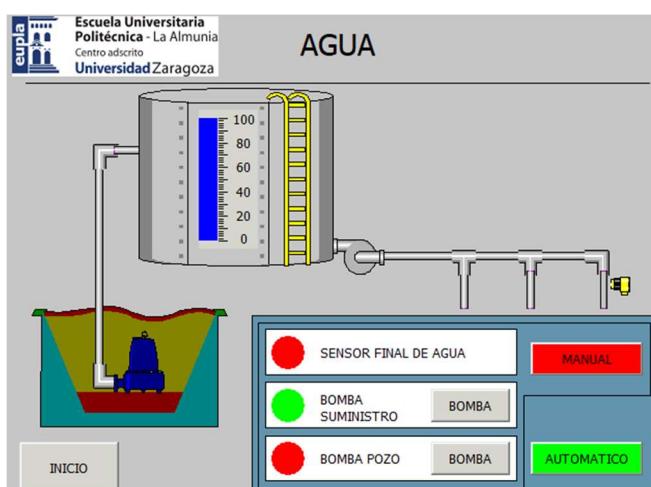


Ilustración 76: Simulación modo automático suministro de agua.

En concreto en esta imagen se puede observar que la bomba de suministro se encuentra encendida ya que el sensor no detecta agua al final del sistema de suministro. Esta bomba, se detendrá en el momento en el que el sensor detecte agua. Como se puede observar en la siguiente imagen.



Ilustración 77: Simulación detector final de agua.

Además de ello, contamos con un sistema de llenado del tanque de agua. El cual, entra en funcionamiento, en el momento en el que el nivel de agua desciende por debajo del 10%.

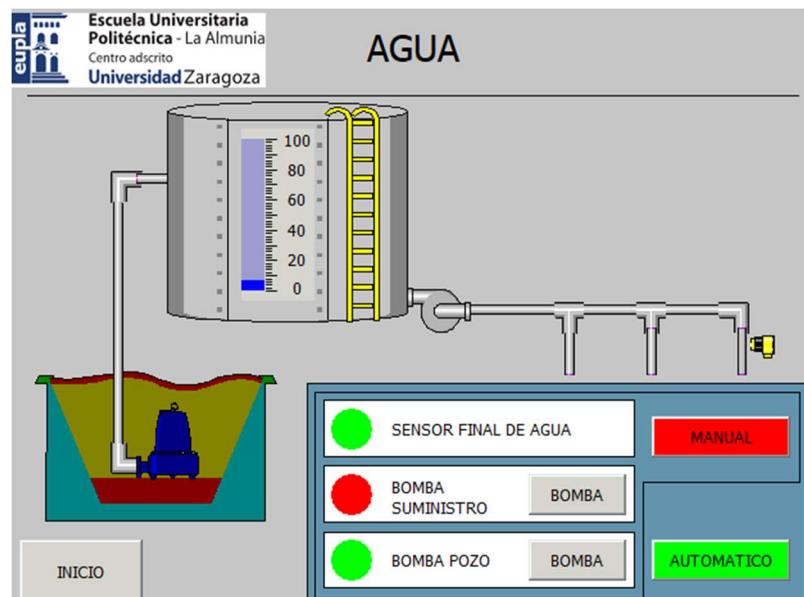


Ilustración 78: Simulación de llenado del tanque de agua.

Esta bomba de llenado del tanque se detendrá en el momento en el nivel de agua supere el 95%

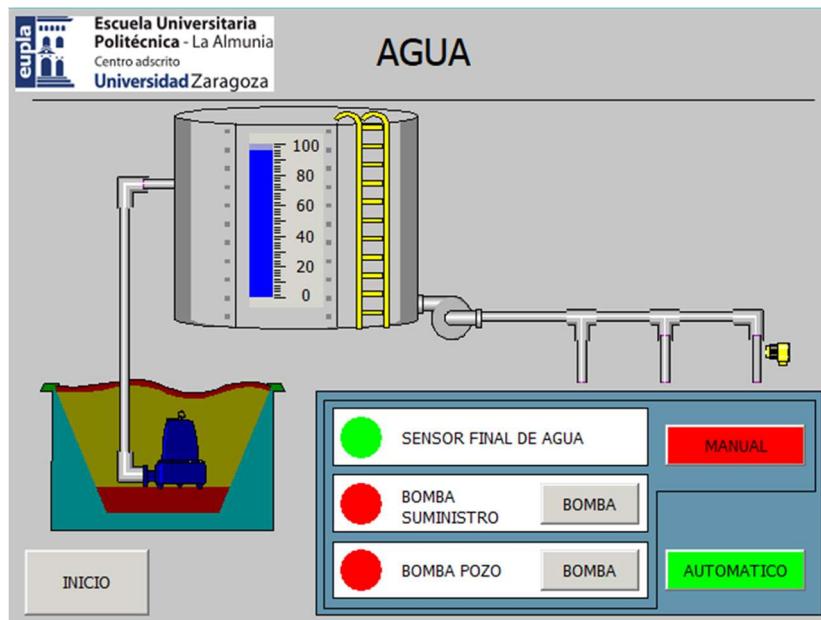


Ilustración 79: Simulación de paro de llenado del tanque.

Para poder tomar el control total de este sistema de agua, deberemos seleccionar el modo manual, pero para ello primero deberemos desactivar el modo automático.

En este modo podremos activar ambas bombas, independientemente del nivel del tanque o independientemente del sensor. Como bien se puede observar en la siguiente imagen, que podemos activar la bomba de suministro, incluso en el caso en el que el detector final está activo.

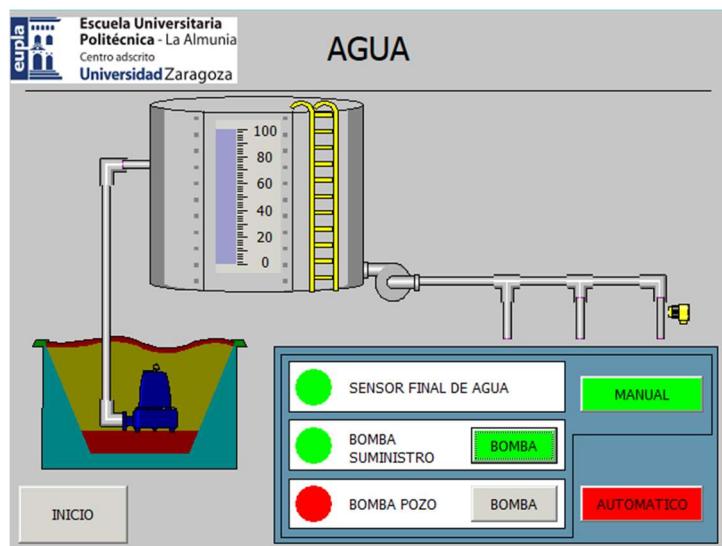


Ilustración 80: Simulación prioridad del estado manual.

La idea de darle prioridad al estado manual se basa en el caso en el que exista alguna avería, ya sea en el detector de nivel o en el sensor, que puede hacer que los cerdos se encuentren sin agua.

6.2. CONTROL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE COMIDA

En el caso de la imagen de control del sistema de abastecimiento de comida, ocurre algo similar al de abastecimiento de agua. Ya que, nos encontramos con un modo manual y automático.

En el modo automático, observamos que cuando el sensor que se encuentra al final de la línea de transporte de comida no detecta, entra en funcionamiento el motor.

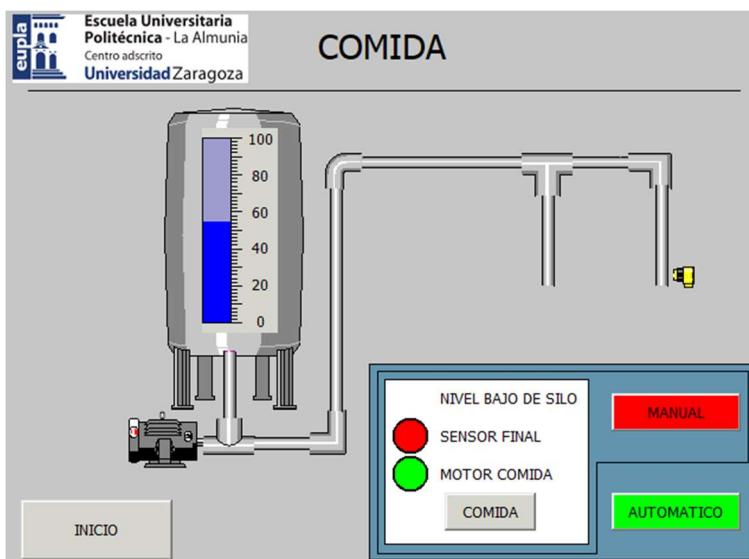


Ilustración 81: Simulación, motor en automático.

En el momento, en el que el sensor detecta comida al final de la línea, el motor se detiene automáticamente.

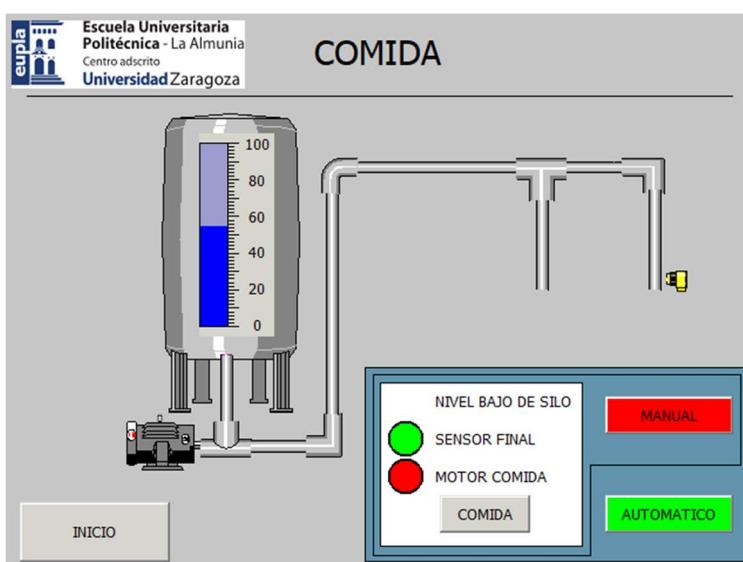


Ilustración 82: Simulación, paro de motor en automático.

En esta imagen, también disponemos de un sensor de nivel, que nos indica el porcentaje de llenado del silo. En este caso, como no disponemos de otro silo, la única forma de llenar este silo es mediante un camión. Teniendo el inconveniente de que no sabes cuánto puede tardar en llegar un camión de pienso desde que lo pides hasta que te llega.

Por ello, es muy importante mantener siempre el silo con un nivel medio. Tanto es así, que cuando el silo llega a encontrarse por debajo del 10%, se enciende una alarma.

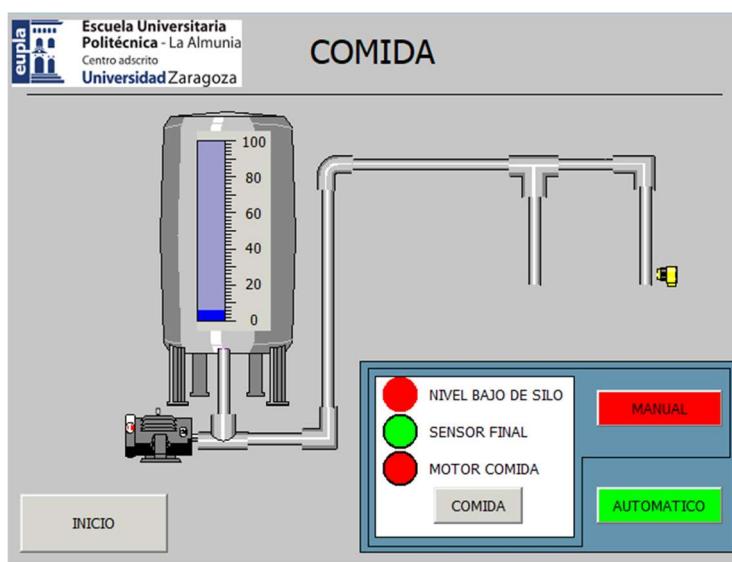


Ilustración 83: Simulación, alarma de nivel bajo de silo.

En esta pantalla de suministro de comida, también contamos con el modo manual, que nos permitirá tomar el control total del motor de comida.

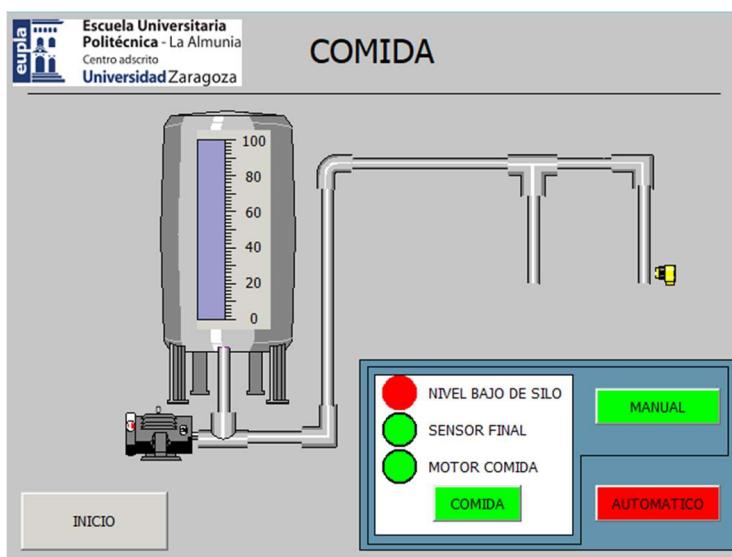


Ilustración 84: Simulación, modo manual de control de comida.

6.3. CONTROL DE TEMPERATURA EN PLANTA

En este caso, el diseño del sistema de control de temperatura en la planta es diferente al del resto de sistemas. Ya que, en este caso no disponemos de modo manual u automático.

Sin embargo, en esta pantalla podemos seleccionar, los valores de temperatura máxima y mínima que deseamos en nuestra planta.

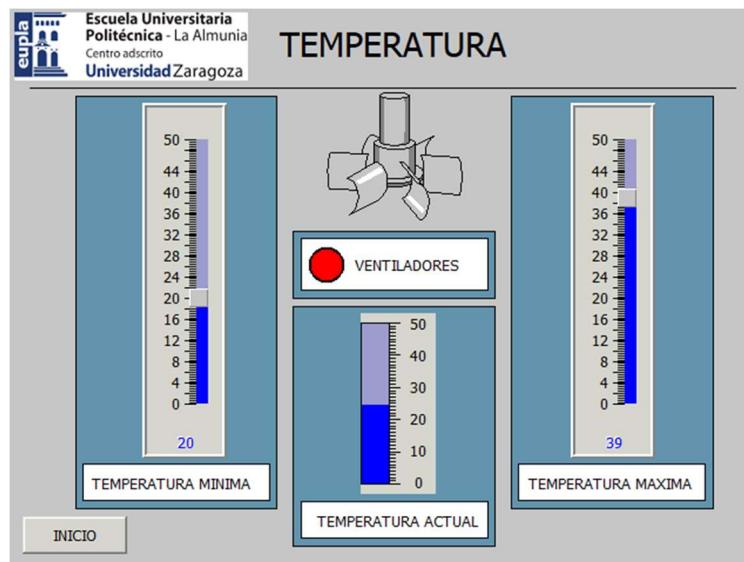


Ilustración 85: Simulación, control de temperatura.

Como podemos observar, en este caso, hasta que el valor de temperatura en planta, que viene marcado por el indicador central. No supere, la temperatura máxima que hemos marcado, los ventiladores no empezarán a funcionar.

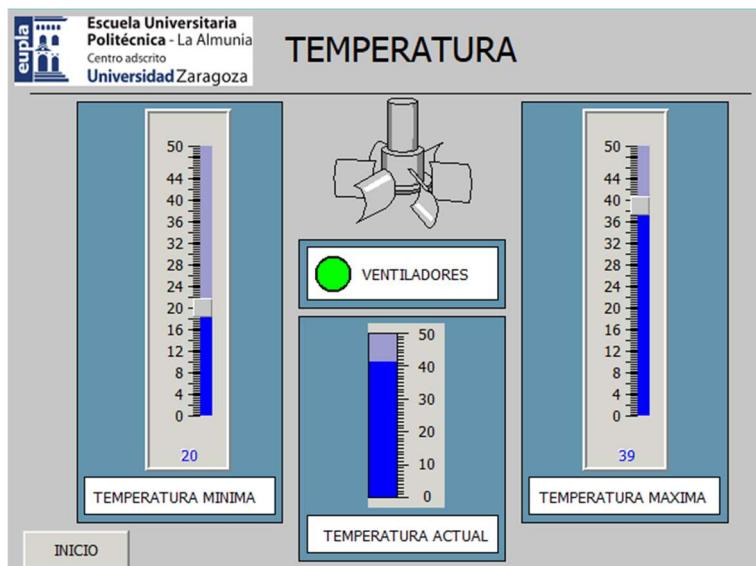


Ilustración 86: Simulación, funcionamiento de ventiladores.

Los ventiladores, no se detendrán, hasta que la temperatura de la granja no baje de la temperatura máxima que hemos establecido.

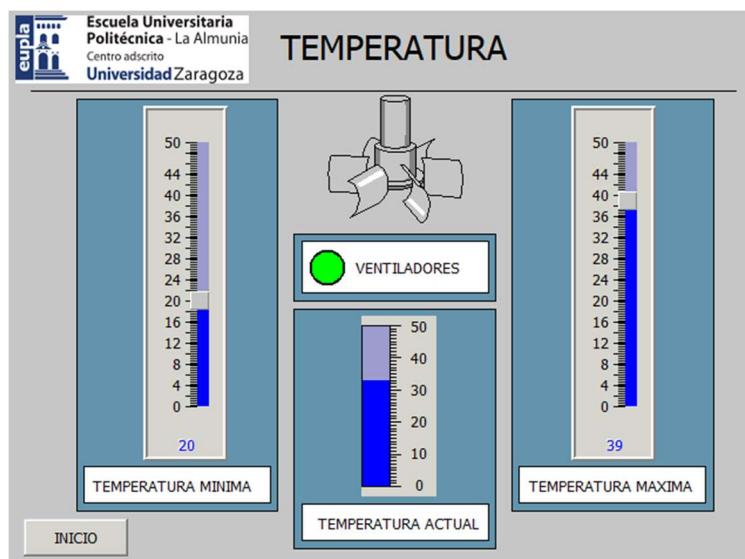


Ilustración 87: Simulación, ventiladores activados.

Una vez la temperatura de la nave, desciende por debajo de la temperatura mínima que hemos marcado, los ventiladores se detienen.

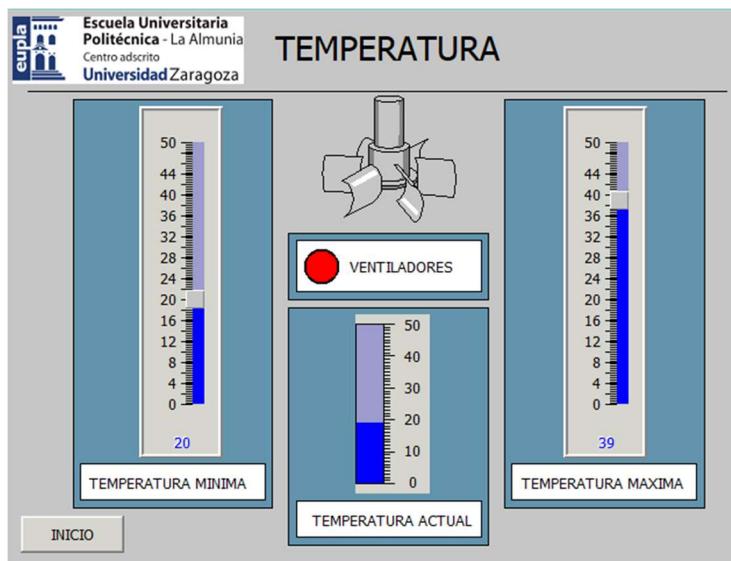


Ilustración 88: Simulación, ventiladores desactivados.

7. PRESUPUESTOS

Sistema de comida

Producto	Unidades	Precio unidad	Precio
Tolva swing R3 duo	76 unidades	444,07€	33.749,32€
Cajetín de Ø55 mm de dos salidas	1	299,50€	299,50€
Espiral para tubo de Ø56 mm	100m*2	355€*2	710€
TUBO PVC 55X2,5 BLANCO	66 de 3m	5,89€	388,74€
bajada t55 con cierre y bridas	76 unidades	2,55€	193,8€
Motorreductor trifásico 1,5CV	1	318,25€	318,25€
Sensor de proximidad capacitivo	2	160,43€	320,86€
Total			35.980,47€

Tabla 15: Presupuesto sistema de comida.

Sistema de organización

Producto	Unidades	Precio unidad	Precio
Rejilla de engorde ros 1.5m x 0,5m	1200 unidades	25,42€	30.504€
Panel PVC D50x2,2 gris	180	54,14€	9.745,2€
Puerta PVC D50	76 unidades	101,64€	7.724,64€
Anclaje x inox para propileno 50mm	18	24,31€	437,58€
Anclaje inox pared 50mm	54	6€	324€
Anclaje T inox para propileno 50mm	144	10,72€	1.543,68€
Total			50.279,1€

Tabla 16: Presupuesto sistema de organización.

Sistema de agua

Producto	Unidades	Precio unidad	Precio
Swing drinker midi	76 unidades	35,72€	2.714,72€
Tubo PVC encolar ø50mm	5m*2 unidades	2,48€*2	4,96€
Tubo PVC encolar ø32mm 16 atmósferas	5m*40unidades	2,04€	81,6€
Codo PVC 90º de diámetro 50mm	3	1,31€	3,93€
T de pvc de diámetro 50mm	1	1,80€	1,80€
T PVC ø32mm	38	0,83€	31,54€
ELECTROBOMBAS RESIDUALES MATRA XTVS	1	218,87€	218,87€
ELECTROBOMBAS 3"	1	673,54€	673,54€
Depósito de gran capacidad	1	3792,14€	3.792,14€
Total			7.523€

Tabla 17: Presupuesto sistema de abastecimiento de agua.

Sistema de temperatura

Producto	Unidades	Precio unidad	Precio
Ventilador M400	2	338,80€	677,6€
Ferax 36w	40	39,25€	1.570€
Sonda de temperatura	1	141,84€	141,84€
Sensor de proximidad capacitivo	2	160,43€	320,86€
Total			2.710,3€

Tabla 18: Presupuesto sistema de temperatura.

Sistema control

Producto	Unidades	Precio unidad	Precio
PS307 24/5A	1	193,93€	193,93€
CPU 314C-2DP	1	2533,44€	2.533,44€
HMI MP 277 10" TOUCH	1	2310€	2.310€
Total			5.037,37€

Tabla 19: Presupuesto sistema de control.

Materiales de instalación eléctrica

Producto	Unidades	Precio unidad	Precio
Interruptor magnetotérmico 3P	4	98,85€	394€
Interruptor magnetotérmico 2P	2	45,95€	91,9€
Cable eléctrico 15m	4	6,25€	25€
Contactores de 3P	5	14,19€	70,95€
Total			581,85€

Tabla 20: Presupuesto instalación eléctrica.

Mano de obra

Mano de obra	Nº de personas	Nº de horas	Precio por persona cada hora	Precio
Sistema de comida	3	50	7€	1.050€
Sistema de agua	3	70	8€	1.680€
Instalación eléctrica	2	100	7€	1.400€
Instalación de Control	3	50	15€	2.250€
Instalación de temperatura	3	50	12€	1.800€
Distribución interior	4	120	6€	2.880€
Total				11.060€

Tabla 21: Presupuesto mano de obra.

Calculo total de sistemas

Producto	Precio
Sistema de comida	35.980,47€
Sistema de organización	50.279,1€
Sistema de agua	7.523€
Sistema de temperatura	2.710,3€
Sistema control	5.037,37€
Instalación eléctrica	581,85€
Mano de obra	11.060€
Total	112.851,33€

Tabla 22: Cálculo total de presupuestos.

8. CONCLUSIONES

A modo de resumen, comenzamos este proyecto con la idea de actualizar tecnológicamente los procesos básicos que se ejecutan en las granjas de engorde para ganado porcino. Para ello, se realizó un estudio de las granjas que podemos encontrar en la zona sur de navarra.

En la zona de Carcar, se encontró una granja abandonada. Que resultaba ideal para realizar este proyecto. Ya que no disponía de ningún sistema automatizado. De esta forma podremos diseñar de cero este proceso de automatización, se tuvo que adaptar toda la nave con la idea de buscar una mejora tanto de la productividad, como de higiene, aumentando así la sencillez de los procesos que debíamos de automatizar.

El desarrollo de este proyecto, se pude dividir en tres etapas principales

La primera parte, se centró en el diseño y organización del interior de la granja. En esta parte, se ha elegido el tipo de distribución que se va a emplear en la granja. Con este tipo de distribución, se consigue tener un mejor control de los animales, así como de su evolución. Para ello se van a emplear una serie de separadores, que nos permitirá organizar a los animales en cuadras.

Gracias a este tipo de diseño interior, se consigue mejorar el rendimiento del espacio, pudiendo introducir así, más cabezas de ganado en su interior. De esta forma, se asegura de que todos los animales cuentan con todas las necesidades óptimas para su crecimiento. En cuanto al ámbito de alimentación, hidratación, higiene y temperatura.

Una vez se realizó, el diseño estructural del interior de la granja se procedió al diseño de los sistemas que se deseaba automatizar. Se comenzó realizando el diseño del circuito de agua. Formado por dos bombas de aguas que serán las encargadas de extraer el agua del pozo y almacenarla en el depósito. La segunda bomba, será la encargada de transportar el agua por todo el sistema de distribución hasta los bebederos.

Para realizar el diseño del sistema de abastecimiento de comida, se ha decidido emplear un silo que sea capaz de almacenar el alimento necesario para dar de comer a toda la granja durante al menos diez días, evitando de esta forma posibles atrasos que puedan surgir entre proveedores.

En cuanto al sistema de refrigeración, resultó ser el más sencillo a la hora de diseñarlo. Empleando, dos ventiladores que hacen la función de extractores, encontrándose situados en el tejado de la granja.

De esta forma, conseguimos crear un flujo de aire frío, que entra por las ventanas de la planta, se calienta por el calor producido por los animales y asciende hacia el techo donde es expulsado al exterior. Consiguiendo de esta forma una ventilación forzada de presión negativa.

Con esta última etapa, se consiguió realizar el diseño del hardware necesario para la automatización de estos procesos. Que fueron programados de forma estructurada empleando bloques de organización OB's y funciones FC's. En estos bloques, encontramos la programación en lenguaje KOP de todos los aspectos y funciones a tener en cuenta para la ejecución del programa.

En cuanto a la interacción de los operarios con el autómata se va a emplear una pantalla SCADA-HMI, con la que se conseguirá tomar el control de forma clara y sencilla de todos los sistemas de la granja.

El PLC y la pantalla se encontrarán comunicados mediante una red MPI, siendo un sistema muy utilizado en aquellos sistemas que cuentan con pocos elementos para comunicar.

Para realizar la programación del PLC, se ha utilizado el software propio de Siemens conocido como STEP 7. Y para la pantalla, se ha empleado el software WinCC Flexible.

A modo de conclusión, este proyecto se ha realizado buscando una fiabilidad y una capacidad de actualización para posibles reformas o mejoras en un futuro, es por ello por lo que nos hemos decantado por un PLC que cuente con entradas y salidas extra para posibles actualizaciones. Como pueden ser las siguientes:

- Crear un sistema de seguridad, la idea se basa en cercar la finca con un vallado metálico. Para poder acceder al interior de la finca, se utilizará un lector de matrículas.
- Crear un sistema de refrigeración externa con sistema de aire acondicionado en caso de veranos excesivamente calurosos.
- Diseñar un sistema de paneles fotovoltaicos que sean capaces de generar la energía consumida en la planta.

9. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas, de la Agenda 2030:

- **Objetivo 8** - Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.



- **8.2** Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra.

- **8.3** Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros.

- **Objetivo 12** - El consumo y la producción mundiales (fuerzas impulsoras de la economía mundial) dependen del uso del medio ambiente natural y de los recursos de una manera que continúa teniendo efectos destructivos sobre el planeta.



- **12.3** De aquí a 2030, reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Lexnavarra». <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=51341#Ar.1> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [2] «Climatología: Zona sur - Meteo Navarra». http://meteo.navarra.es/climatologia/zona_sur.cfm (accedido 12 de mayo de 2023).
- [3] «Granjas de cerdos desde 27 €/m2 sum., granja de cerdos, cria de cerdos». <https://www.patec.org/granjas-de-cerdos.php> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [4] «Gestión de suelos en la producción porcina», *Elsitio Porcino*. <https://www.elsitioporcino.com/articles/2732/gestian-de-suelos-en-la-produccian-porcina/> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [5] Rotecna, «Rotecna: líder en equipamiento para granjas porcinas e innovación». <https://www.rotecna.com/> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [6] «Espiral flexible – Growket». <https://growket.com/espiral-flexible/> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [7] «Cajetín Ø55 mm dos salidas», *Growket Tienda Online*. <https://growketiendaonline.com/producto/cajetin-o55-mm-dos-salidas-inoxidable/> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [8] «Motorreductor trifásico 1,5CV», *Growket Tienda Online*. <https://growketiendaonline.com/producto/motorreductor-trifasico-15cv-230400v-5060hz-eje-o22-mm/> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [9] P. Ganadera, «Silos granja para el almacenamiento de pienso, harina y grano», *Material Ganadero para Granjas Proyectos Agrícolas*. <https://peigganadera.com/silos-granja-almacenamiento-pienso-harina-grano/> (accedido 12 de mayo de 2023).

- [10] «Bombas Residuales Modelo: XTVS100», *Electrobombas.es*. <https://www.electrobombas.es/bombas-de-agua/-residuales-xvts-1586-663189.html> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [11] «Bombas Para Pozos 4 Pulgadas Modelo: MI-0-50», *Electrobombas.es*. <https://www.electrobombas.es/bombas-para-pozos/-4-pulgadas-mi-120-664851.html> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [12] «¿Cómo elegir una bomba de agua para pozos? Componentes, tipos y recomendaciones prácticas», *De Máquinas y Herramientas*, 24 de agosto de 2016. <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/como-elegir-bomba-agua-para-pozos> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [13] «Depósitos chapa». <https://tiendaganadera.com/DEPOSITO-GRAN-CAPACIDAD/> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [14] «Ventilación en granjas porcinas ¿En qué factores puede afectar?», *Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura*. <http://https%253A%252F%252Fwww.veterinariadigital.com%252Farticulos%252Fventilacion-en-granjas-porcinas%252F> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [15] «VENTILADOR M400 CHIMENEA (4.840 m3/h)». <https://tiendaganadera.com/VENTILADOR-M500-CHIMENEA-4840M3/> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [16] «FERAX 36W On/Off - Stable Brothers B.V.». <https://www.stablebrothers.com/es/productos/iluminacion-67/luminarias-led-71/ferax-36w-onoff-3613-p> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [17] «Resultados de la búsqueda - Global eBusiness - Siemens WW». <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Search?searchTerm=6ES&tab=Product> (accedido 12 de mayo de 2023).

- [18] «Longitudes De Líneas - Siemens SIMATIC C7-623 Instalación Y Cableado [Página 52]», *ManualsLib*. <https://www.manualslib.es/manual/377942/Siemens-Simatic-C7-623.html> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [19] «6AV6643-0CD01-1AX1 - Industry Support Siemens». <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/24981?pdtn=td&dl=e&lc=es-WW> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [20] «QAM2161.040», *Comercial Arpe*. <https://www.comercialarpe.es/conducto/71-qam2161040.html> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [21] «LL-100 | Transmisor de nivel láser - Binmaster - Láser», *DASTEC S.R.L.* <https://www.dastecsrl.com.ar/productos/nivel/nivel-continuo/laser/ll-100-transmisor-de-nivel-laser> (accedido 12 de mayo de 2023).
- [22] «IFM Efector - KQ6002 - El sensor de Capacitive, cubierta rectangular, C.C. PNP, NO/NC, los 2M de 3 alambres cablegrafió - RS». <https://mx.rs-online.com/product/ifm-efector/kq6002/71388963/?referrer=search> (accedido 12 de mayo de 2023).

Relación de documentos

(X) Memoria 93 páginas

(_) Anexos 104 páginas

La Almunia, a 06 de 06 de 2023



Firmado: Guillermo Aldunate Ozcariz