



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

SUPERVISION Y CONTROL DE LA  
AUTOMATIZACIÓN DE UNA GRANJA PORCINA

PIG FARM AUTOMATION MONITORING AND  
CONTROL

Autor

Juan José Horno Pérez

Director

Pedro Pablo Huerta Abad

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia  
2018





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

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

**MEMORIA**

**SUPERVISION Y CONTROL DE LA  
AUTOMATIZACIÓN DE UNA GRANJA  
PORCINA**

**PIG FARM AUTOMATION MONITORING  
AND CONTROL**

**424.18.60**

Autor: Juan José Horno Pérez

Director: Pedro Pablo Huerta Abad

Fecha: 28/11/2018



## INDICE DE CONTENIDO

<b>1. RESUMEN</b>	<b>1</b>
1.1. PALABRAS CLAVE	1
<b>2. ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>4. OBJETO</b>	<b>4</b>
<b>5. MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
5.1. ANTECEDENTES	5
5.2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	5
5.3. DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN	6
5.3.1. <i>Gestión y maternidad</i>	7
5.3.2. <i>Destete y crecimiento</i>	8
5.3.3. <i>Engorde y cebo</i>	10
5.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	12
5.4.1. <i>Opciones del sistema de alimentación</i>	14
5.4.2. <i>Características sistema de alimentación</i>	20
5.5. SISTEMA DE VENTILACIÓN	28
5.5.1. <i>Opciones sistema de ventilación</i>	28
5.5.2. <i>Características sistema de ventilación</i>	30
5.6. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	36
5.6.1. <i>Sistema de abastecimiento de agua del depósito general</i>	36
5.6.2. <i>Sistema de agua para el suministro a las naves de maternidad, crecimiento y engorde</i>	41
5.7. SISTEMA DE CALEFACCIÓN	47
5.7.1. <i>Opciones sistema de calefacción</i>	47
5.7.2. <i>Características sistema de calefacción</i>	50
5.8. CONTROL, COMUNICACIÓN Y SCADA	54
5.8.1. <i>Opciones Control, Comunicación y Scada</i>	54
5.8.2. <i>Características Control, Comunicación y Scada</i>	62

INDICES

<b>6. DESARROLLO</b>	<b>65</b>
6.1. DIMENSIONAMIENTO GRANJA	65
6.1.1. <i>Dimensionamiento nave de maternidad</i>	66
6.1.2. <i>Dimensionamiento nave de crecimiento</i>	67
6.1.3. <i>Dimensionamiento nave de engorde</i>	67
6.2. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	67
6.2.1. <i>Dimensionamiento silo nave de maternidad</i>	69
6.2.2. <i>Dimensionamiento silo nave de crecimiento</i>	70
6.2.3. <i>Dimensionamiento silo nave de engorde</i>	72
6.2.4. <i>Dimensionamiento tuberías de alimentación</i>	73
6.3. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	74
6.3.1. <i>Dimensionamiento depósito de agua general</i>	74
6.3.2. <i>Dimensionamiento bomba de agua para deposito general</i>	76
6.3.3. <i>Dimensionamiento bomba de agua para el suministro de las tres naves</i>	78
6.3.4. <i>Dimensionamiento tuberías de agua</i>	80
6.4. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE CALEFACCIÓN	81
6.4.1. <i>Dimensionamiento mallas eléctricas</i>	81
6.5. DIMENSIONAMIENTO CONTROL, COMUNICACIÓN Y SCADA	82
6.5.1. <i>Dimensionamiento autómeta</i>	82
6.5.2. <i>Dimensionamiento Estaciones de trabajo</i>	84
6.5.3. <i>Diseño Scada</i>	87
6.5.4. <i>Implementación del programa</i>	93
6.5.5. <i>Prueba automatización Scada</i>	95
<b>7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS</b>	<b>102</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>104</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Plano de localización de la granja.....	5
Ilustración 2: Plano situación geográfica de la granja. ....	6
Ilustración 3: Planta granja de cerdos .....	6
Ilustración 4 Nave de gestación y maternidad .....	7
Ilustración 5 Módulo de crecimiento .....	8
Ilustración 6 Corral de crecimiento.....	9
Ilustración 7 Módulo de engorde.....	10
Ilustración 8 Corral de engorde .....	11
Ilustración 9 Sistema alimentación nave de maternidad.....	12
Ilustración 10 Sistema alimentación nave de crecimiento.....	13
Ilustración 11 Sistema alimentación nave de engorde .....	13
Ilustración 12 Comedero de Polipropileno inyectado de alta densidad. ....	14
Ilustración 13 Comedero para alimentación en seco. ....	14
Ilustración 14 Comedero para alimentación en líquido. ....	15
Ilustración 15 Tolva inoxidable para alimentación seca. ....	16
Ilustración 16 Tolva circular. ....	16
Ilustración 17 Tolvas inoxidables modulares para alimentación seca.....	17
Ilustración 18 Tolva inoxidable para alimentación seca. ....	18
Ilustración 19 Tolva circular alimentación húmeda. ....	19
Ilustración 20 Codo 90° (II).....	20
Ilustración 21 Tubo sistema de alimentación .....	21
Ilustración 22 Motor reductor silos .....	22
Ilustración 23 Silo.....	23
Ilustración 24 Relé de impulso motor reductor.....	24
Ilustración 25 Diagrama sensor fotocélula.....	25

INDICES

Ilustración 26 Foto célula sistema alimentación .....	25	
Ilustración 27 Célula de carga silo.....	26	
Ilustración 28 Sistema de ventilación de ocho extractores. ....	28	
Ilustración 29 Sistema de ventilación de cuatro extractores. ....	29	
Ilustración 30 (I) Temperatura en cada etapa del porcino. ....	30	
Ilustración 31 Efecto chimenea.....	31	
Ilustración 32 Chimenea.....	31	
Ilustración 33 Efecto viento.....	32	
Ilustración 34 Persiana	Ilustración 35 Ventilador .....	33
Ilustración 36 Sonda de temperatura .....	34	
Ilustración 37 Relé de impulso ventiladores.....	35	
Ilustración 38 (II) Sistema depósito .....	36	
Ilustración 39 Depósito de agua .....	37	
Ilustración 40 Bomba de agua del pozo .....	38	
Ilustración 41 Válvula de retención (I).....	38	
Ilustración 42 Codo 90º (II).....	39	
Ilustración 43 Tubería PVC.....	39	
Ilustración 44 Célula de carga deposito general .....	40	
Ilustración 45 Relé de impulso bomba pozo .....	40	
Ilustración 46 Sistema abastecimiento de agua nave maternidad.....	41	
Ilustración 47 Sistema abastecimiento de agua nave crecimiento .....	42	
Ilustración 48 Sistema abastecimiento de agua nave engorde .....	42	
Ilustración 49 Bebedero de acero inoxidable 1/2". ....	43	
Ilustración 50 Diagrama sensor de nivel .....	44	
Ilustración 51 Sensor de nivel LMT 100 (I).....	44	
Ilustración 52 Bomba de suministro .....	45	
Ilustración 53 Relé de impulso bomba de suministro .....	46	
Ilustración 54 (I) Estructura malla calefactora eléctrica .....	47	



Ilustración 55 (I) Instalación malla calefactora .....	48
Ilustración 56 Instalación general sistema de calefacción.....	48
Ilustración 57 Estructura malla calefactora por agua .....	49
Ilustración 58 Temperaturas de las etapas del porcino.....	50
Ilustración 59 Malla calefactora eléctrica.....	51
Ilustración 60 Sonda de temperatura .....	52
Ilustración 61 Caja de conexiones.....	53
Ilustración 62 Relé de impulso sistema de calefacción .....	53
Ilustración 63 Autómata Siemens CPU 314 C-2 PN/DP.....	55
Ilustración 64 Autómata Siemens S7 1500.....	55
Ilustración 65 ET 200 SP Siemens.....	56
Ilustración 66 ET 200 S Siemens .....	57
Ilustración 67 ET 200 MP Siemens .....	57
Ilustración 68 ET 200 M Siemens.....	57
Ilustración 69 Características ET 200 Siemens.....	58
Ilustración 70 Red profibus .....	59
Ilustración 71 Red profinet.....	60
Ilustración 72 Pantalla táctil HMI Siemens 9 pulgadas (I).....	61
Ilustración 73 Pantalla táctil HMI Siemens 12,1 pulgadas.....	61
Ilustración 74 Red Profibus .....	63
Ilustración 75 Bloques del programa .....	64
Ilustración 76 Silo nave maternidad .....	70
Ilustración 77 Silo nave crecimiento.....	71
Ilustración 78 Silo nave engorde.....	72
Ilustración 79 Dimensiones granja (I) .....	73
Ilustración 80 Depósito de agua .....	75
Ilustración 81 Bomba de agua del pozo .....	77
Ilustración 82 Dimensiones granja (II) .....	80

---

INDICES

Ilustración 83 Dimensiones del corral .....	81
Ilustración 84 Malla eléctrica sistema calefacción .....	81
Ilustración 85 Autómata S7-300 CPU 315 C-2 PN/DP .....	82
Ilustración 86 Fuente de alimentación Siemens 24 Vcc 5A .....	83
Ilustración 87 Tabla de símbolos.....	85
Ilustración 88 ET 200 S Siemens .....	86
Ilustración 89 Pantalla táctil HMI Siemens 12,1 pulgadas (II) .....	87
Ilustración 90 Scada Pantalla general .....	88
Ilustración 91 Scada Suministro agua .....	89
Ilustración 92 Scada Sistema alimentación .....	90
Ilustración 93 Scada Sistema de calefacción .....	91
Ilustración 94 Scada Sistema de ventilación .....	92
Ilustración 95 Prueba Scada pantalla general .....	95
Ilustración 96 Prueba Scada sistema agua .....	96
Ilustración 97 Prueba Scada sistema alimentación .....	97
Ilustración 98 Prueba Scada sistema calefacción.....	99
Ilustración 99 Prueba Scada sistema ventilación .....	100

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características codos de 90° .....	20
Tabla 2 Características tubo sistema de alimentación .....	21
Tabla 3 Características motor reductor silos .....	22
Tabla 4 Características relé de impulsa motor reductor .....	24
Tabla 5 Características foto célula sistema de alimentación .....	25
Tabla 6 Características célula de carga silos .....	26
Tabla 7 Características del ventilador .....	33
Tabla 8 (I) Características sonda de temperatura.....	34
Tabla 9 Características relé sistema de ventilación .....	35
Tabla 10 Características válvula de retención .....	38
Tabla 11 Características codos de 90° .....	39
Tabla 12 Características tubo de PVC .....	39
Tabla 13 Características célula de carga deposito general .....	40
Tabla 14 Características relé bomba pozo .....	41
Tabla 15 Características sensor de nivel LMT 100.....	45
Tabla 16 Características relé bomba de suministro .....	46
Tabla 17 (II) Características sonda de temperatura.....	52
Tabla 18 Características caja de conexiones .....	53
Tabla 19 Características relé de impulso sistema de calefacción .....	54
Tabla 20 Dimensiones granja porcina .....	65
Tabla 21 Superficie mínima por porcino .....	66
Tabla 22 Alimento necesario para la reproducción del porcino. ....	69
Tabla 23 Características silo nave maternidad .....	70
Tabla 24 Características silo nave crecimiento .....	71
Tabla 25 Características silo nave engorde .....	73

INDICES

Tabla 26 Consumo Litros/día del porcino .....	74
Tabla 27 Características depósito de agua general .....	76
Tabla 28 Características bomba de agua pozo .....	78
Tabla 29 Bomba de agua de suministro .....	79
Tabla 30 Características bomba de suministro .....	80
Tabla 31 Características malla eléctrica sistema de calefacción .....	82
Tabla 32 Características Autómata Siemens S7-300 CPU 314 C-2 PN-DP .....	83
Tabla 33 Características Fuente de alimentación Siemens 24 Vcc 5 <sup>a</sup> .....	84
Tabla 34 Características ET 200 S Siemens .....	86
Tabla 35 Características Pantalla táctil HMI Siemens .....	87

# 1. RESUMEN

El presente proyecto se basa en el desarrollo e implementación de un sistema automatizado en una granja porcina, en la que su proceso productivo se realizaba de forma muy rudimentaria generando graves problemas de rendimiento.

Para solucionar este problema, se vio necesario la instalación de un autómata programable, Siemens "S7 300 CPU 315 C-2 PN/DP", que fuese capaz de controlar aquellos aspectos que aportaran beneficios al proceso productivo: ventilación, calefacción, alimentación y agua.

Para la automatización del sistema se ha utilizado un lenguaje de programación AWL. Además, se ha incluido un SIMATIC HMI Panel y tres estaciones de trabajo ET 200S configuradas a través de Win CC Flexible.

Gracias a ello, se puede observar el proceso productivo a tiempo real, además de poder realizar las modificaciones y controles necesarios de cada uno de los sistemas que componen la granja.

Todo ello forma parte de un proyecto real que abarca, desde la elección de cada uno de los sensores hasta el cálculo de las bombas de agua, las mallas eléctricas, las dimensiones del depósito de agua y de los silos..., y que una vez implementado se conseguirá reducir los costes de mano de obra y aumentar la calidad del producto.

## 1.1. PALABRAS CLAVE

Las cinco palabras que definen el presente proyecto son las siguientes:

1. Automatización SIMATIC S7-300.
2. Simulación SCADA con HMI Panel.
3. Comunicación PROFIBUS.
4. Dimensionamiento de los sensores.
5. Ventilación, calefacción, alimentación y agua de una granja porcina.

## 2. ABSTRACT

The Project has been based on the development and implementation of an automated system in a pigs farm, in which, its productive system was very rudimentary. This generate serious efficiency problems.

To solve this problem, it was necessary to install a programable automaton, Siemens "S7 300 CPU 315 C-2 PN/DP, which was able to check those aspects that benefit the productive system: ventilation, heating, feeding and water.

To automate the system has been used AWL programming language. Also, its included a SIMATIC HMI Panel and three ET200S workstations, that has been configured with Win CC Flexible.

Thanks to that, we can be seen a real time production system, in addition to can achieve the changes and controls of wich one of the farm systems.

Everything, is part of a real proyecto that includes the sensors choice, the calculation of the pump water, electrical mesh, water tank dimensins and silos... Once implemented all this, it can get to reduce labour costs and increase the quality of the product.

Finally, the five key words, that define this proyect, are the following:

- SIMATIC S7-300 automation.
- SCADA with HMI Panel simulation.
- PROFIBUS communication.
- Sensor design and sizing.
- Ventilation, heating, feeding and wáter of a pig farm.

### 3. INTRODUCCIÓN

Las explotaciones porcinas han experimentado en la actualidad una gran expansión y continuo crecimiento. Tal es el punto, que España es considerada la tercera potencia mundial en cuanto al comercio de producto porcino.

Muchas de las granjas ubicadas en el término municipal de Aranda del Moncayo se encuentran muy obsoletas con respecto a los avances en la automatización de granjas porcinas existentes en la actualidad.

Por ello, uno de los propietarios de una de esas granjas decidió realizar una inversión en sus naves de maternidad, crecimiento y engorde para mejorar tanto la calidad del producto final como su propia calidad de vida.

Uno de los principales motivos que me ha llevado a la elección de este proyecto es la cercanía que tengo en este sector, el hecho de poder profundizar en los sistemas de automatización y el gran desarrollo que ha experimentado la industria 4.0 o industria inteligente en los últimos años.

También es importante nombrar que este TFG se ha estructurado de la siguiente manera:

- Memoria
  - Marco teórico
  - Desarrollo
  - Conclusiones y líneas futuras
- Anexos
  - Planos eléctricos
  - Presupuesto
  - Fichas técnicas

Objeto

## 4. OBJETO

El principal objeto del presente proyecto consiste en automatizar una granja porcina para elevar el rendimiento de la instalación, reducir la mano de obra y por consecuencia los costes, así como controlar y supervisar el correcto funcionamiento de las diferentes unidades funcionales.

Todo ello se ha realizado dando cumplimiento a la:

- Real decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos.

En la automatización se van a controlar y diseñar los siguientes apartados, que corresponden con los objetivos definidos en la propuesta:

- Automatización del sistema de ventilación.
- Automatización del sistema de calefacción.
- Automatización del sistema de alimentación.
- Automatización del sistema de distribución del agua.
- Diseño de interface de usuario (Scada).
- Diseño e implementación del programa del autómeta (Siemens).



## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. ANTECEDENTES

La granja objeto del presente proyecto se encuentra construida y en fase de producción. Sin embargo, el proceso productivo se encuentra muy obsoleto con respecto a los procesos totalmente automatizados de otras granjas similares.

Se parte de tres naves, una dedicada a la gestión y maternidad, otra al crecimiento y la última al engorde.

Es relevante nombrar que existía línea eléctrica de alumbrado, pero los comederos y los bebederos se rellenaban a mano. También había un grupo electrógeno de emergencia y una bomba de agua que se encendía manualmente para extraer el agua del pozo.

### 5.2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La instalación objeto a automatizar en el presente proyecto abarca un hectómetro cuadrado (100 m<sup>2</sup>) de terreno. Se encuentra situada muy cerca del municipio de Illueca (Zaragoza) en la Comarca del Aranda.



*Ilustración 1: Plano de localización de la granja.*

Marco teórico

Dicha finca se encuentra a una distancia del núcleo urbano de 2 Km. De ese modo se cumplen las condiciones, que se plantean en las normas subsidiarias del Municipio de Illueca sobre la implantación de una industria agropecuaria, para las zonas calificadas como Rurales de tipo I.



Ilustración 2: Plano situación geográfica de la granja.

### 5.3. DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN

En las granjas porcinas el desarrollo de la producción se divide en tres partes de iguales dimensiones, las cuales estarán divididas en instalaciones o naves independientes: («Diseño óptimo de una granja porcina», s. f.)

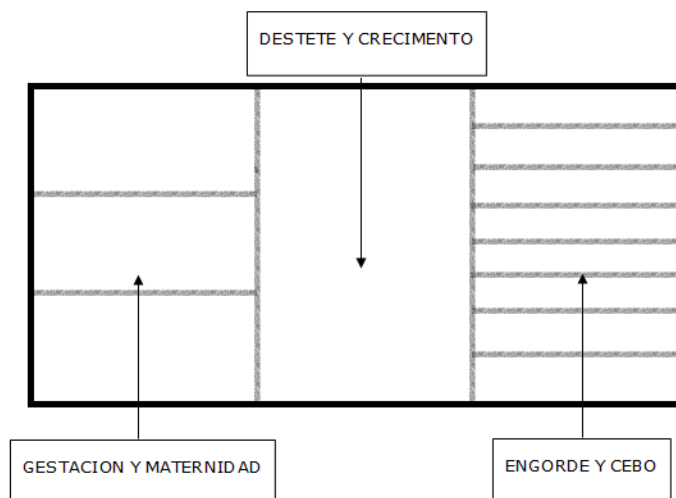


Ilustración 3: Planta granja de cerdos

### 5.3.1. Gestión y maternidad

Es la sala donde se produce la inseminación del animal y su posterior periodo de lactancia de 21 a 28 días, además de un periodo de 4 semanas para la alimentación del porcino mediante pienso, por lo tanto, en esta parte de la instalación se debe conseguir un ambiente ideal y confortable para la cerda, controlando la temperatura de la sala, calentándola y ventilándola cuando sea necesario. («Diseño óptimo de una granja porcina», s. f.)

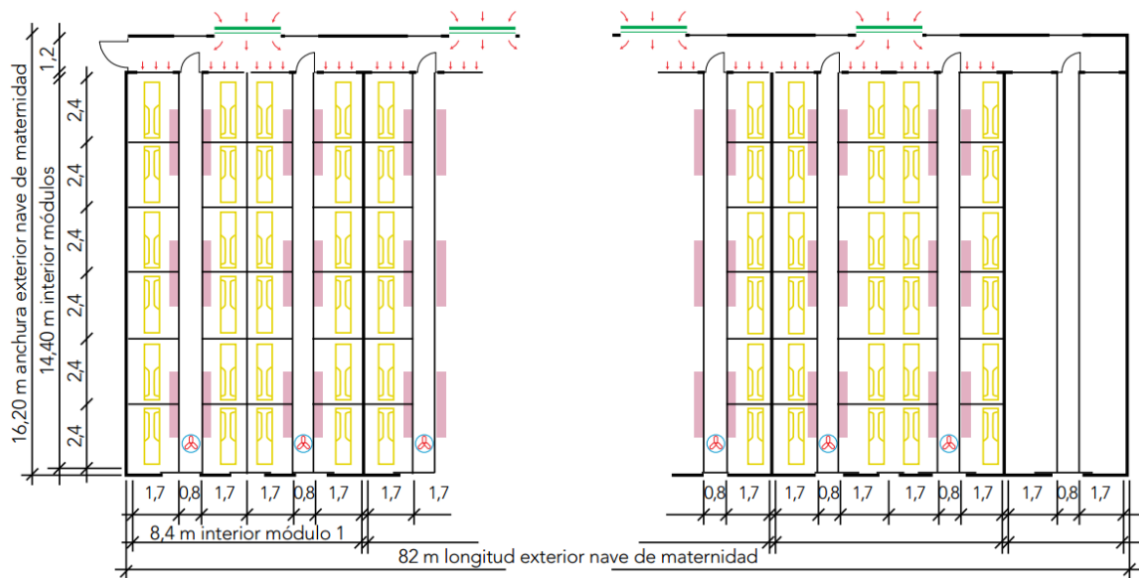


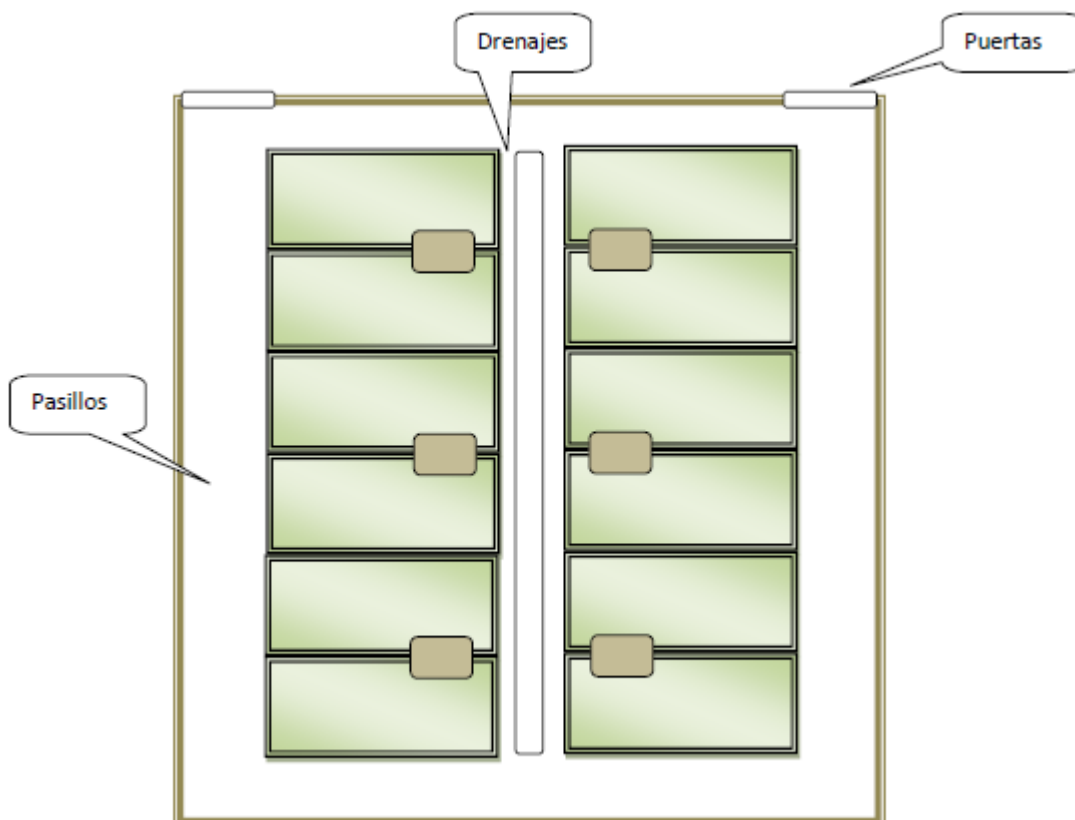
Ilustración 4 Nave de gestación y maternidad

La nave de maternidad está dividida en dos secciones iguales con una capacidad de 60 plazas, dejando un pasillo central para comunicar esta nave con la nave de destete y así poder trasladar a los lechones.

Los módulos de gestación y maternidad serán independientes, pero cada dos corrales compartirán un comedero y un bebedero, una puerta para el acceso al módulo y un sistema de drenaje para cada 6 corrales. (Emilio, s. f.)

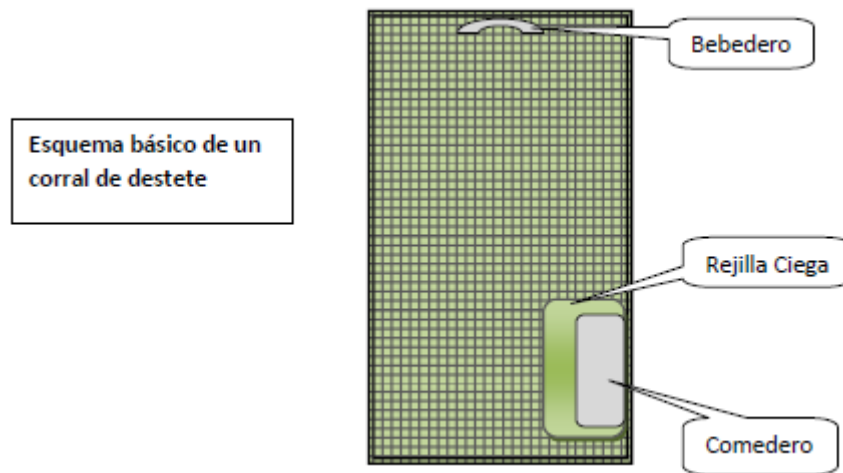
### 5.3.2. Destete y crecimiento

En esta instalación ingresan los lechones cuando son separados de la madre, con una permanencia de 4 a 5 semanas. En esta fase se debe proporcionar alimento, agua y ventilación con una gran calidad y confort para conseguir altos rendimientos de producción. («Diseño óptimo de una granja porcina», s. f.)



*Ilustración 5 Módulo de crecimiento*

Los módulos de destete y crecimiento estarán divididos en 12 corrales los cuales, cada dos corrales compartirán un comedero y un bebedero, una puerta para el acceso al módulo y un sistema de drenaje para los 12 corrales.



*Ilustración 6 Corral de crecimiento*

En esta sala el número total de módulos de destete y crecimiento será de 8, además cada módulo se compondrá como máximo de 60 lechones, por lo tanto, cada corral deberá contener a 5 lechones.

### 5.3.3. Engorde y cebo

En esta instalación los cerdos deben alimentarse abundantemente para su engorde, además se les debe proporcionar agua y un área de charca para la defecación de los cerdos. En esta última zona deberá ser provista de una excelente ventilación y de una disponibilidad constante de agua fresca. («Diseño óptimo de una granja porcina», s. f.)

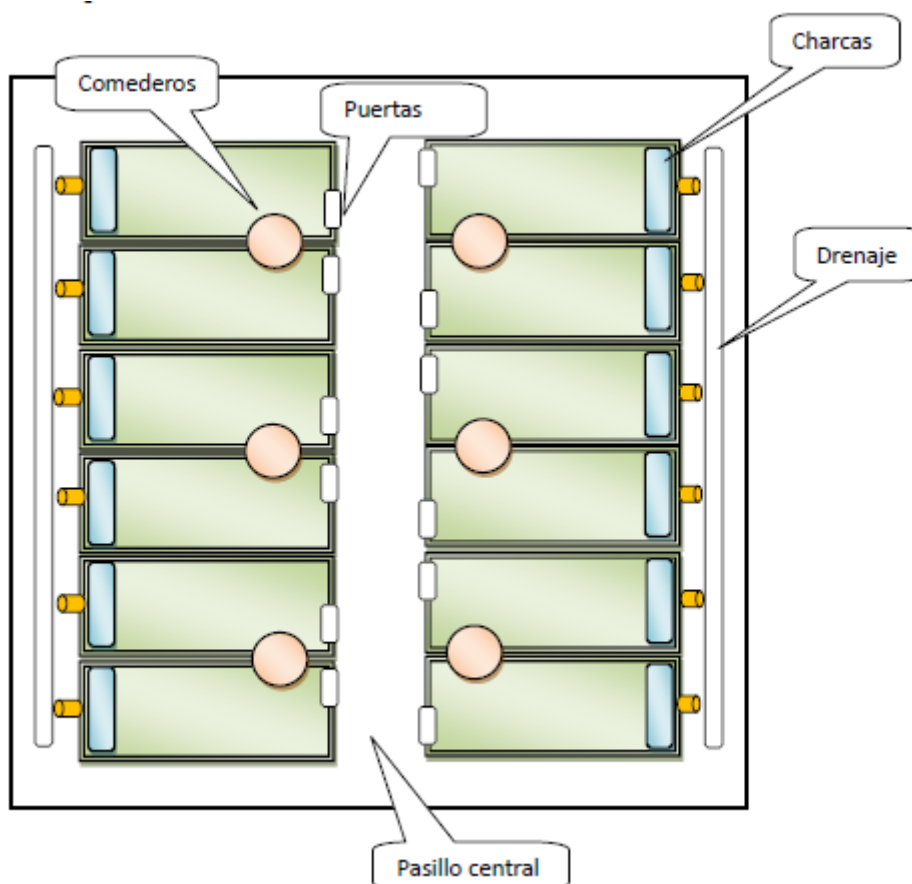
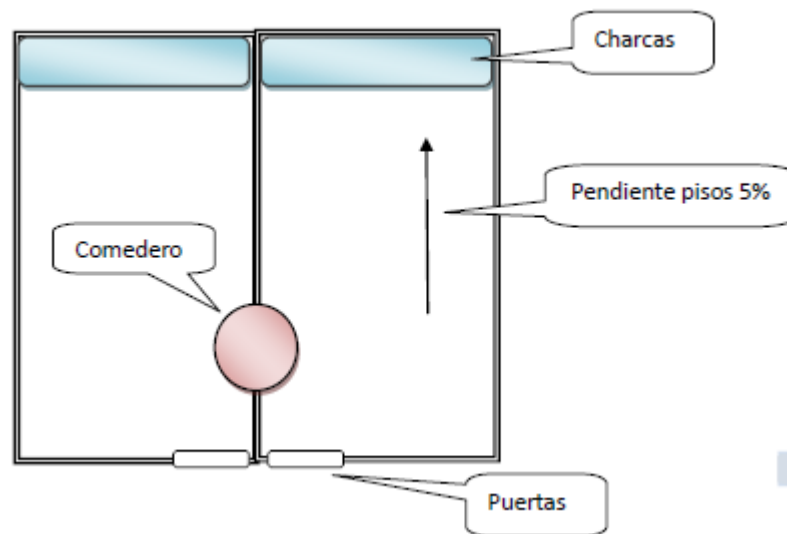


Ilustración 7 Módulo de engorde

Los módulos de engorde y cebo estarán divididos en 12 corrales los cuales, cada dos corrales compartirán un comedero y bebedero, además de una charca por corral, una puerta para el acceso a al corral y un sistema de drenaje cada 6 corrales.



*Ilustración 8 Corral de engorde*

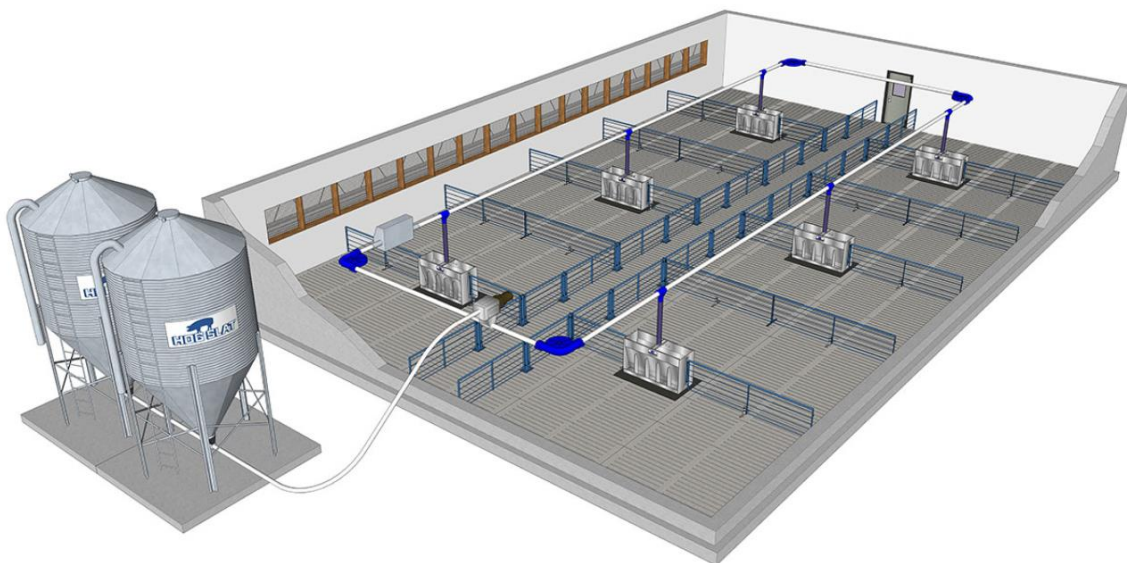
En esta sala el total de módulos de engorde y cebo será de 8, y cada módulo se compondrá como máximo de 60 lechones, por lo tanto, cada corral deberá contener a 5 lechones.

## 5.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de alimentación será independiente para cada nave, el cual estará dividido en tres partes independientes, cada una de esas partes suministrará independientemente los alimentos a las naves de maternidad, crecimiento y engorde, ya que el porcino en cada etapa debe alimentarse de un alimento diferente.

Cada parte se compondrá de un silo para el almacenamiento de la comida, una célula de carga para controlar el peso del silo, un motor reductor para el transporte del alimento, tuberías para transportar el alimento, sensores para detectar la cantidad de alimento necesaria y comederos para distribuir el alimento a los porcinos.

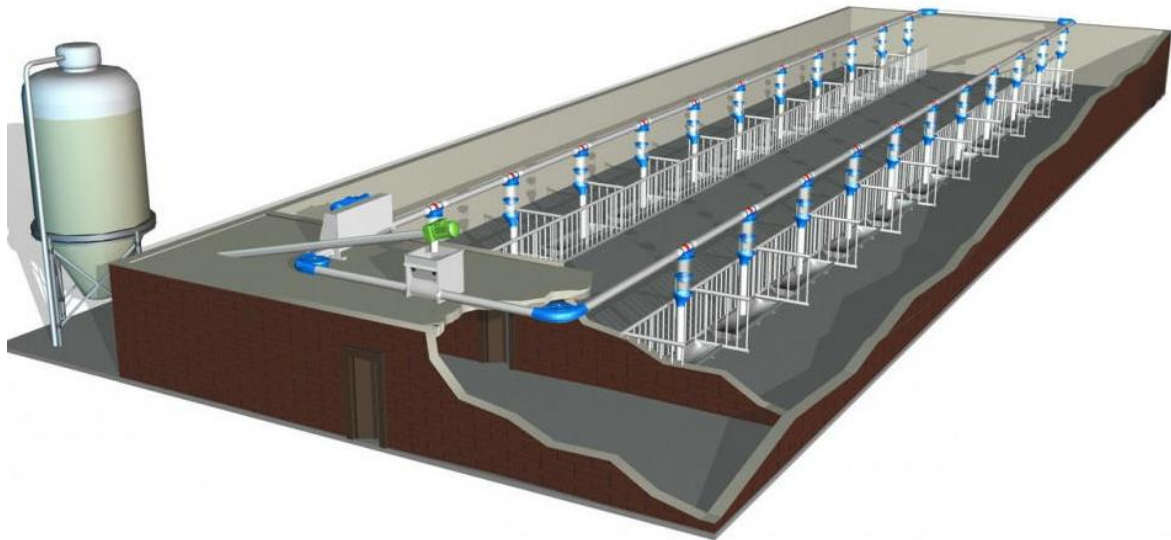
En las siguientes imágenes se muestran las tres partes que constituyen el sistema de alimentación de la granja:



*Ilustración 9 Sistema alimentación nave de maternidad*

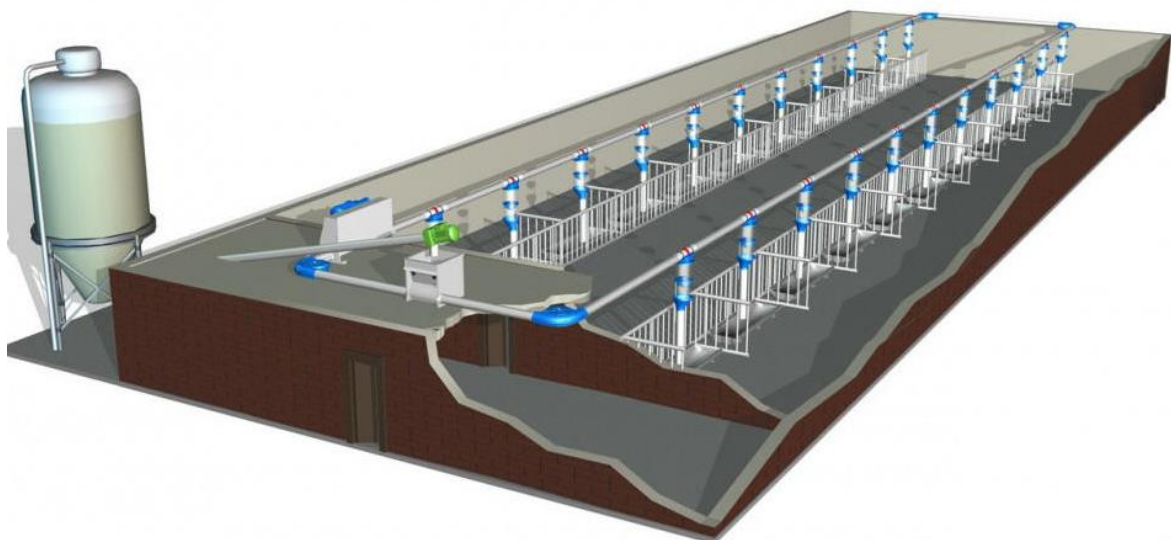
(Patec, s. f.-a)





*Ilustración 10 Sistema alimentación nave de crecimiento*

(Patec, s. f.-a)



*Ilustración 11 Sistema alimentación nave de engorde*

(«Imagen sistema alimentación granja porcina», s. f.)

El sistema de alimentación de la nave de crecimiento y engorde será el mismo ya que las dimensiones de las celdas y el número total en ambos casos son iguales en la nave de crecimiento y engorde.

### 5.4.1. Opciones del sistema de alimentación

#### **COMEDEROS NAVE DE MATERNIDAD**

En la nave de maternidad se pueden elegir las siguientes opciones para los comederos: (GROWKET, s. f.)

1. Comedero de Polipropileno inyectado de alta densidad:

- Máxima higiene al no existir esquinas que acumulen el pienso.
- Con protectores dobles de acero inoxidable.
- Capacidad de 12L.



*Ilustración 12 Comedero de Polipropileno inyectado de alta densidad.*

2. Comedero para alimentación en seco:

- Acabado redondeado, con plegado lateral y frontal sin aristas que impide las lesiones de la cerda.
- Robusto, fabricado en acero inoxidable 304.
- Capacidad de 13L y longitud de 400mm.
- Higiénico, sin ángulos donde acumular el alimento.



*Ilustración 13 Comedero para alimentación en seco.*

### 3. Comedero para alimentación en líquido:

- Bordes redondeados, perfectamente plegados que evitan el daño del animal.
- Duradero, fabricado en acero inoxidable 304.
- Con capacidad de 16L y longitud de 500mm.
- Limpio, con diseño redondeado que impide almacenar restos de pienso.



*Ilustración 14 Comedero para alimentación en líquido.*

## **COMEDEROS NAVE DE CRECIMIENTO**

En la nave de crecimiento se pueden elegir las siguientes opciones para las tolvas: (GROWKET, s. f.)

### 1. Tolva inoxidable para alimentación seca:

- Fabricadas en acero inoxidable 304, material que garantiza la duración, limpieza y desinfección.
- Se suministran desmontadas para reducir el costo de transporte.
- Completamente atornilladas para facilitar el montaje.
- Con ajuste de flujo de nivel para regular la cantidad de alimento.
- Los bordes redondeados sin aristas protegen el animal y reducen la pérdida de alimento.
- Sencilla para grupos de hasta 30 animales o doble para grupos de hasta 60 animales.



*Ilustración 15 Tolva inoxidable para alimentación seca.*

## 2. Tolva circular:

- Automática, los lechones ingieren pienso y agua sin apoyo extra.
- Para lechones a partir de los 6kg
- Mínimo desperdicio del alimento, con regulación precisa a través de 25 niveles y una salida de 0.92mm.
- Capacidad de separar el alimento seco y el agua.
- La bandeja está fabricada en acero inoxidable para garantizar la higiene y una larga vida útil.
- Sencilla o doble



*Ilustración 16 Tolva circular.*

### **COMEDEROS NAVE DE ENGORDE**

En la nave de engorde se pueden elegir las siguientes opciones para las tolvas:(GROWKET, s. f.)

#### 1. Tolvas inoxidable modulares para alimentación seca:

- Modulares para ajustarnos al número de huecos requerido según las necesidades de un lote de animales.
- La capacidad de una tolva es de 61 L, para hasta 12 cerdos a partir de 25 kg de peso vivo. BD
- Se pueden suministrar montadas o desmontadas, para optimizar el transporte.
- Fácil montaje, sólo mediante tornillos inoxidable.
- Fabricadas en acero inoxidable desde la serie 304, lo que garantiza su durabilidad, limpieza y desinfección.
- Bordes redondeados, para proteger el labio del animal y reducir la pérdida de alimento.
- Perfectamente plegadas, sin aristas para evitar heridas en el cerdo.
- Se atornilla exteriormente para que en el interior no haya retención de pienso.
- Regulación del pienso exacta con 7 niveles y de fácil manejo, con tajadera exterior movible.
- Forma de V en la parte inferior para favorecer la salida del pienso y evitar la obstrucción.
- Accesorio suplemento para incrementar la capacidad hasta 19 kg, especialmente diseño para cerdas en grupo.



*Ilustración 17 Tolvas inoxidable modulares para alimentación seca.*

## 2. Tolva inoxidable para alimentación seca:

- Se fabrican en acero inoxidable desde la serie 304.
- Con ajuste de flujo en 12 niveles para una regulación precisa.
- Puede utilizarse desde el destete hasta el final del engorde
- Fácil montaje, sólo mediante tornillos inoxidables.
- Se pueden suministrar montadas o desmontadas, lo que mejora el transporte.
- Los bordes correctamente plegados evitan el desperdicio de pienso y protegen el labio del cerdo.
- Sencilla de 5 huecos y doble de 4 y 5 huecos.



*Ilustración 18 Tolva inoxidable para alimentación seca.*

## 3. Tolva circular alimentación húmeda:

- El diseño evita el mínimo desperdicio de pienso.
- Suministra gran cantidad de alimento y agua en poco tiempo
- Al salir el agua por un tubo se evita en épocas de calor que el animal salpique y que se apelmace el alimento.
- Sencilla o doble.



*Ilustración 19 Tolva circular alimentación húmeda.*

### 5.4.2. Características sistema de alimentación

El sistema de alimentación se compondrá de los siguientes elementos, uno por cada nave:

- Tres silos
- Tres células de carga
- Tres motores reductores
- Tuberías de PVC
- Codos de 90°
- Tres foto células
- Tres relés de impulso
- 126 comederos

1. Codo de 90°: se utilizan para cambiar la dirección de las tuberías de PVC.



Ilustración 20 Codo 90° (II)

<b>Referencia</b>	0501025
<b>Presión máx.</b>	16 atm
<b>Ø</b>	25 mm

Tabla 1 Características codos de 90°

(Hidromaronline, s. f.-a)



2. Tubería de PVC: utilizada para transportar el alimento, contendrá en su interior un serpentín conectado al reductor del motor, el cual empujará el alimento para que avance por la tubería y llegue a todos los comederos.



*Ilustración 21 Tubo sistema de alimentación*

<b>Referencia</b>	JCZY-AU02
<b>Presión máx.</b>	16 atm
<b>∅</b>	25 mm

*Tabla 2 Características tubo sistema de alimentación*

(Alibaba, s. f.)

Marco teórico

3. Motor reductor: situados a la salida del silo, genera el movimiento para girar el serpentín de las tuberías y así poder transportar el alimento por ellas mismas hasta los comederos.



*Ilustración 22 Motor reductor silos*

(Zuendo, s. f.)

<b>Referencia</b>	MRM-11-373
<b>Tensión alimentación</b>	220 AC
<b>Potencia</b>	1,5 CV
<b>Velocidad motor</b>	3000 rpm
<b>Reductora</b>	I: 7,5
<b>Velocidad final</b>	373 rpm

*Tabla 3 Características motor reductor silos*

4. Silo: lugar donde se almacena el alimento, cada silo será de un tamaño y contendrá un tipo de alimento, ya que según la etapa de vida del porcino deben de ser alimentados con alimentos de diferentes propiedades.

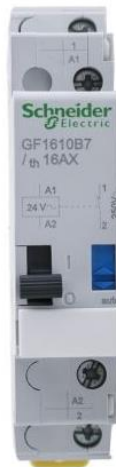


*Ilustración 23 Silo*

(TIENDA GANADERA, s. f.-c)

Marco teórico

5. Relé: tiene la función de activar o desactivar los motores reductores.



*Ilustración 24 Relé de impulso motor reductor*

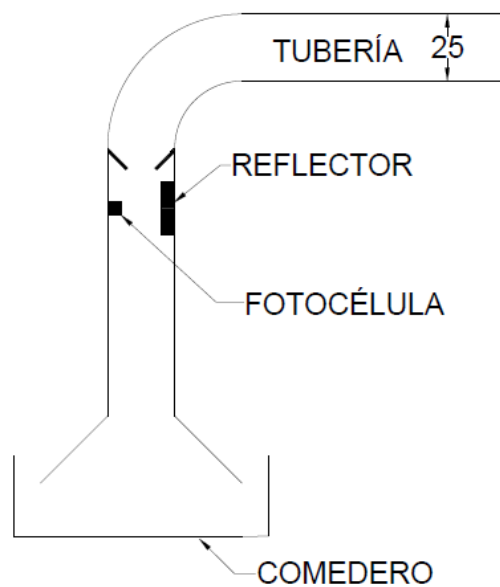
Referencia	<b>GF1610B7</b>
Tensión de bobina	24 Vcc
Tensión máx. en los contactos	250 V (50/60 Hz)
Intensidad máx.	16 A
Tipo de contactos	NO y NC

*Tabla 4 Características relé de impulsa motor reductor*

(RS Components, s. f.-d)

6. Fotocélula: situada en las tuberías de PVC como se muestra en la "ilustración 25", proporciona una señal, la cual nos indica si la tubería contiene alimento o por el contrario no contiene alimento.

### SISTEMA DE ALIMENTACIÓN



*Ilustración 25 Diagrama sensor fotocélula*



*Ilustración 26 Foto célula sistema alimentación*

<b>Referencia</b>	B07CLMBCTR
<b>Tensión alimentación</b>	12-36V DC / 10-24V AC

*Tabla 5 Características foto célula sistema de alimentación*

(Amazon, s. f.)

Marco teórico

7. Célula de carga: situada debajo de los silos, proporciona una intensidad de salida entre 4mA y 20 mA, para así calcular el alimento restante del silo.



*Ilustración 27 Célula de carga silo*

<b>Referencia</b>	7MH5113-3PD00
<b>Tensión alimentación</b>	24 Vcc
<b>Tensión salida analógica</b>	4mA a 20mA
<b>Rango de peso</b>	0 a 28 Toneladas
<b>Sensibilidad</b>	2 mV/V

*Tabla 6 Características célula de carga silos*

(Acomee, s. f.)

8. Comederos: son los encargados de proporcionar el alimento al porcino, como solución final se han escogido los siguientes comederos:
  - a. Nave de maternidad: Comedero de alimentación en seco, ver "ilustración 13". Esta elección se ha llevado a cabo por que este comedero tiene mayor capacidad de alimento, además de ser más económico.
  - b. Nave de crecimiento: Tolva circular, ver "ilustración 16". Esta elección se ha llevado a cabo por que esta tolva tiene un mínimo desperdicio del alimento, una mejor regulación y combina tanto el sistema de alimentación como el sistema de agua, además de ocupar menos espacio en las celdas.
  - c. Nave de engorde: Tolva circular alimentación húmeda, ver "ilustración 19". Esta elección se ha llevado a cabo por las mismas razones que en la nave de crecimiento, ya que esta tolva tiene un mínimo desperdicio de alimento, una mejor regulación y combina tanto el sistema de alimentación como el sistema de agua, además de ocupar menos espacio en las celdas.

## 5.5. SISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación será el encargado de proporcionar la temperatura óptima en cada nave.

Este sistema se utilizará en épocas calurosas para generar una corriente de aire en el interior de las naves y evacuar el calor mediante el efecto chimenea y el efecto viento.

Se puede elegir entre dos opciones para el sistema de ventilación:

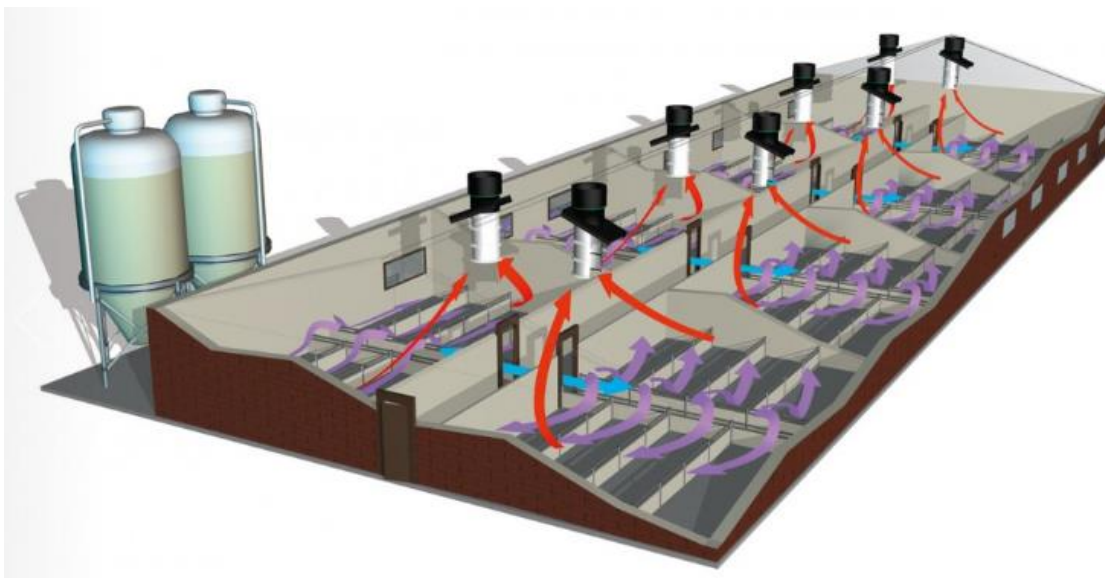
- Sistema de ventilación de ocho extractores por nave.
- Sistema de ventilación de cuatro extractores por nave.

### 5.5.1. Opciones sistema de ventilación

#### **SISTEMA DE VENTILACIÓN OCHO EXTRACTORES**

La primera opción es el sistema de ventilación de ocho extractores, el cual se compone de ventanas situadas en lo alto de la pared de cada nave (maternidad, crecimiento y engorde) y además de ocho extractores de aire por nave para regular y proporcionar una corriente de aire a cada nave y así poder controlar la temperatura según la estación del año. (Ventilatory system, s. f.-b)

En la siguiente imagen se muestra el sistema de ventilación de ocho extractores:



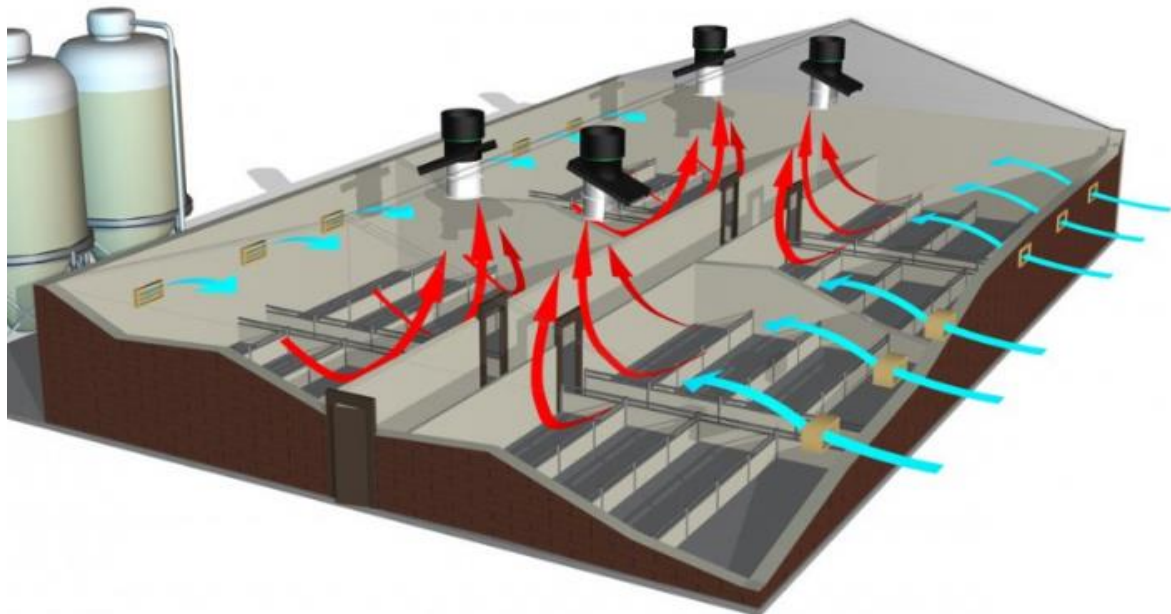
*Ilustración 28 Sistema de ventilación de ocho extractores.*



### **SISTEMA DE VENTILACIÓN CUATRO EXTRACTORES**

La segunda opción es el sistema de ventilación de cuatro extractores el cual se compondrá al igual que el sistema anterior de ventanas situadas en lo alto de la pared de cada nave (maternidad, crecimiento y engorde) y además de cuatro extractores de aire por nave para regular y proporcionar una corriente de aire a cada nave y así poder controlar la temperatura según la estación del año. (Ventilatory system, s. f.-a)

En la siguiente imagen se muestra el sistema de ventilación de cuatro extractores:



*Ilustración 29 Sistema de ventilación de cuatro extractores.*

### 5.5.2. Características sistema de ventilación

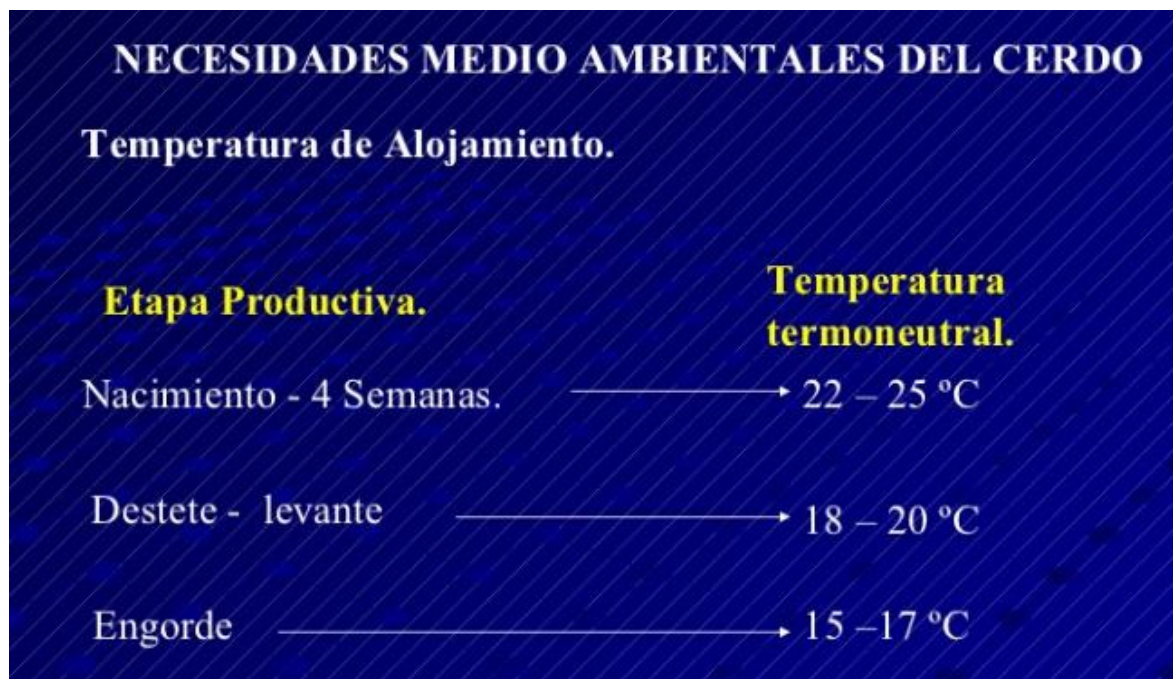
Como solución final se elegirá la segunda opción, el sistema de ventilación de cuatro extractores; Esta elección se ha llevado a cabo porque con cuatro extractores por nave es suficiente para regular la temperatura de forma óptima, y por consiguiente ahorrar cuatro extractores por nave y reducir el precio de la instalación.

Los aspectos o apartados a tener en cuenta serán:

- La temperatura que se debe aportar al porcino en cada nave.
- Características de los componentes del sistema de ventilación.

Cada nave se compondrá de 4 chimeneas, una sonda, un relé y 20 ventiladores, los cuales deben regular la temperatura de la nave según la etapa en la que se encuentra el porcino.

A continuación, se muestra una imagen con las temperaturas óptimas en cada etapa del porcino:



NECESIDADES MEDIO AMBIENTALES DEL CERDO	
Temperatura de Alojamiento.	
Etapa Productiva.	Temperatura termoneutral.
Nacimiento - 4 Semanas.	→ 22 – 25 °C
Destete - levante	→ 18 – 20 °C
Engorde	→ 15 – 17 °C

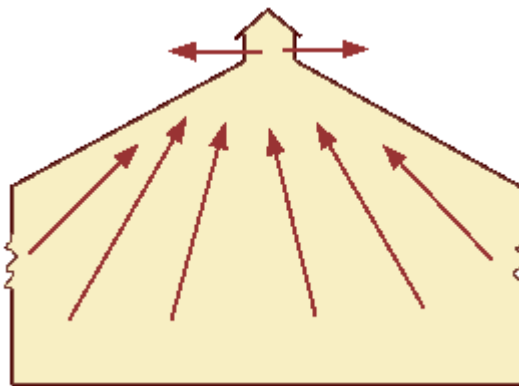
*Ilustración 30 (I) Temperatura en cada etapa del porcino.*

(Bjarne K. Perderson, 2005)

Por otro lado, las 4 chimeneas estarán situadas en el techo de la nave, generando el efecto chimenea, el cual deja que el aire caliente del interior suba debido a su menor densidad dejando entrar al aire frío por las ventanas y como consecuencia regular la temperatura para mantener la temperatura optima en cada una de las naves. Este efecto es menor en épocas calurosas y mayor en épocas frías.

(Bjarne K. Perderson, 2005)

En la siguiente imagen se muestra el efecto chimenea:



*Ilustración 31 Efecto chimenea*

A continuación, se muestra una imagen de la chimenea:



*Ilustración 32 Chimenea*

(TIENDA GANADERA, s. f.-a)

Marco teórico

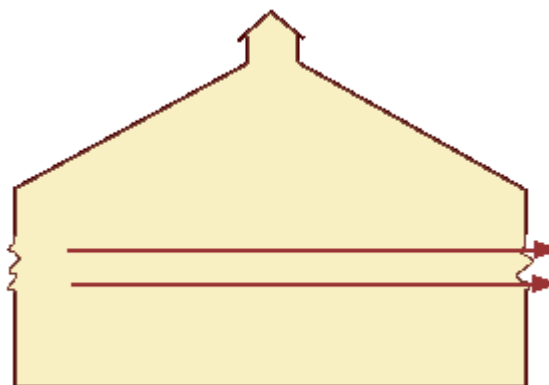
Características de la chimenea:

- Su pendiente tipo bola permite su adaptación a todas las pendientes, desde un 1% a un 45% de inclinación en tejado.
- Gran longitud de tubo de 200 cm, que penetra en la nave hasta la altura deseable, pudiendo, mediante extensiones, adaptarse incluso a instalaciones con gran altura.
- Gracias a su diseño especial, el método de estrangulamiento permite las siguientes opciones:
  - Colocado en el extremo superior, estrangula la salida de aire, proyectándolo a mayor altura y, por tanto, facilitando la eliminación de olores.
  - Colocado en el extremo inferior, suaviza la entrada de aire, evitando las corrientes a nivel de los animales.
- Diámetro 400 mm

Para mejorar el sistema de ventilación se colocará un ventilador dentro de una persiana en cada ventana, para así en épocas más calurosas, generar una mayor corriente de aire y reducir las temperaturas de las naves.

La persiana en épocas frías quedara cerrada para evitar la entrada del aire frío a las naves.

Este sistema es conocido como efecto viento, en el cual la ventilación se da gracias al viento que circula de una pared a otra: (Bjarne K. Perderson, 2005)



*Ilustración 33 Efecto viento*

A continuación, se muestra una imagen de la persiana y del ventilador a utilizar en cada una de las ventanas:



*Ilustración 34 Persiana*



*Ilustración 35 Ventilador*

Referencia	17010201350
Tensión de funcionamiento	230 V ; 50 Hz
Velocidad	1400 rpm
Amperios	0,68 A
Diámetro boca	350 mm
Caudal	3480 m <sup>3</sup> /h

*Tabla 7 Características del ventilador*

(TIENDA GANADERA, s. f.-f)

Marco teórico

Además, el sistema de ventilación se compondrá de una sonda de temperatura, la cual mide la temperatura actual de la nave. La temperatura se actualizará en tiempo real y se enviará al autómatas.



Ilustración 36 Sonda de temperatura

Referencia	<b>QAM2161.040</b>
Longitud de sensor	0,4 m
Rango de medida	-50°C a 50°C
Tensión de funcionamiento	24 V CA $\pm$ 20 % // 13,5...35 V CC
Señal de salida	4 a 20mA ó 0 a 10V CC

Tabla 8 (I) Características sonda de temperatura

(Comercialarpe, s. f.)

Por último, el relé utilizado será un relé de impulso: el cual tiene la función de activar o desactivar los ventiladores.



*Ilustración 37 Relé de impulso ventiladores*

Referencia	<b>GF1610B7</b>
Tensión de bobina	24 Vcc
Tensión máx. en los contactos	250 V (50/60 Hz)
Intensidad máx.	16 A
Tipo de contactos	NO y NC

*Tabla 9 Características relé sistema de ventilación*

(RS Components, s. f.-d)

Las temperaturas de las 3 naves y el funcionamiento de los ventiladores estarán controladas por el autómata y la visualización del proceso estará reflejado en la pantalla táctil del Scada.

## 5.6. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

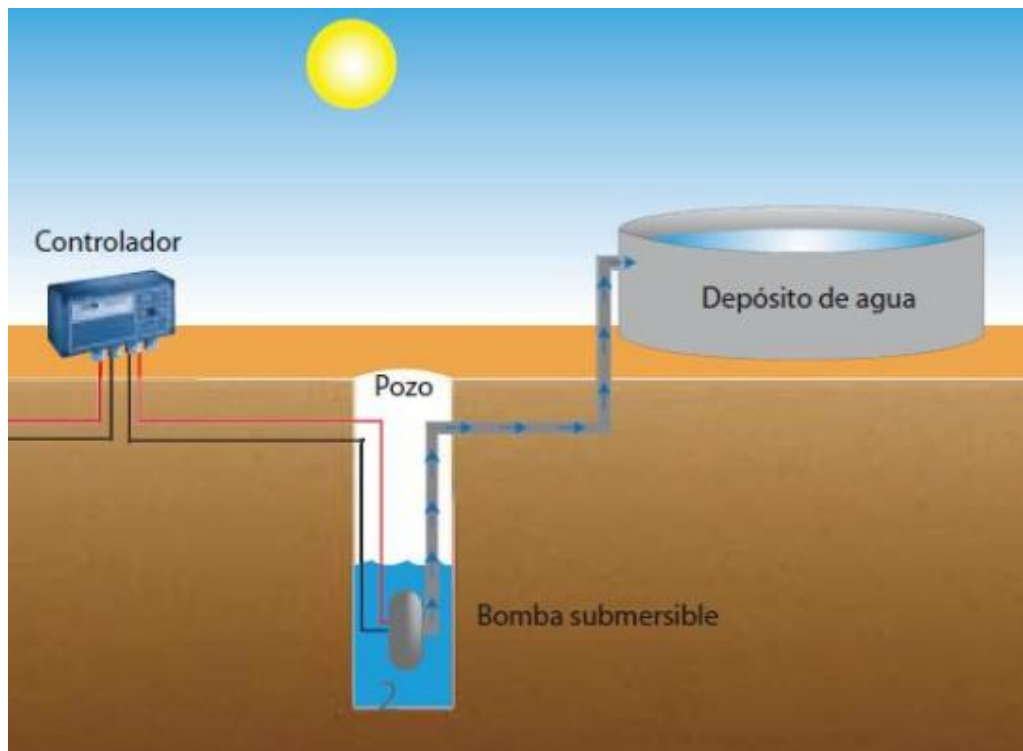
El sistema de abastecimiento de agua estará dividido en dos secciones, la primera será el llenado del depósito de agua mediante la bomba de agua la cual transportará el agua del pozo al depósito, y la segunda sección será el abastecimiento de agua desde el depósito a las naves de maternidad, crecimiento y engorde.

El abastecimiento de agua a las naves de maternidad, crecimiento y engorde se realizará desde el mismo depósito.

Este sistema se compondrá de una bomba para transportar el agua del depósito hasta los bebederos, tuberías para el transporte del agua, válvulas de retención, tres sensores uno en cada nave y bebederos para proporcionar el agua a los porcinos.

### *5.6.1. Sistema de abastecimiento de agua del depósito general*

A continuación, se muestra una imagen del sistema general del depósito de agua:



*Ilustración 38 (II) Sistema depósito*

(proyectos jns soft, s. f.)



Para abastecer el depósito general será necesario:

- Una bomba de agua
- Tuberías de PVC
- 2 codos de 90°
- Un depósito
- Una válvula de retención
- Una célula de carga
- Un relé

1. Depósito: se utilizará para almacenar el agua extraída del pozo



*Ilustración 39 Depósito de agua*

(TIENDA GANADERA, s. f.-b)

Marco teórico

2. Bomba de agua para pozo: es la encargada de transportar el agua del pozo hasta el depósito.



*Ilustración 40 Bomba de agua del pozo*

(Electrobombas.es, s. f.-a)

3. Válvulas de retención: se utiliza para evitar el retorno del agua por la tubería de PVC. Se instalan dos válvulas de retención para que el agua no pueda regresar hacia el pozo ya que sino el depósito de agua y la bomba se quedarían sin agua.



*Ilustración 41 Válvula de retención (I)*

<b>Referencia</b>	0567025
<b>Presión máx.</b>	16 atm
<b>Ø</b>	25 mm

*Tabla 10 Características válvula de retención*

(Hidromaronline, s. f.-b)

4. Codos de 90°: se utilizan para cambiar la dirección de las tuberías de PVC.



*Ilustración 42 Codo 90° (II)*

<b>Referencia</b>	0501025
<b>Presión máx.</b>	16 atm
<b>Ø</b>	25 mm

*Tabla 11 Características codos de 90°*

(Hidromaronline, s. f.-a)

5. Tubería de PVC: se utiliza para transportar el agua.



*Ilustración 43 Tubería PVC*

<b>Referencia</b>	10108182
<b>Presión máx.</b>	16 atm
<b>Ø</b>	25 mm

*Tabla 12 Características tubo de PVC*

(Bricomart, s. f.)

Marco teórico

6. Célula de carga: situada debajo del depósito, proporciona una intensidad de salida entre 4mA y 20 mA, para así calcular el alimento restante del silo.



*Ilustración 44 Célula de carga deposito general*

<b>Referencia</b>	7MH5113-3PD00
<b>Tensión alimentación</b>	24 Vcc
<b>Tensión salida analógica</b>	4mA a 20mA
<b>Rango de peso</b>	0 a 63 Toneladas
<b>Sensibilidad</b>	2 mV/V

*Tabla 13 Características célula de carga deposito general*

(Acomee, s. f.)

7. Relé de impulso: es el encargado de activar o desactivar la bomba del pozo.



*Ilustración 45 Relé de impulso bomba pozo*

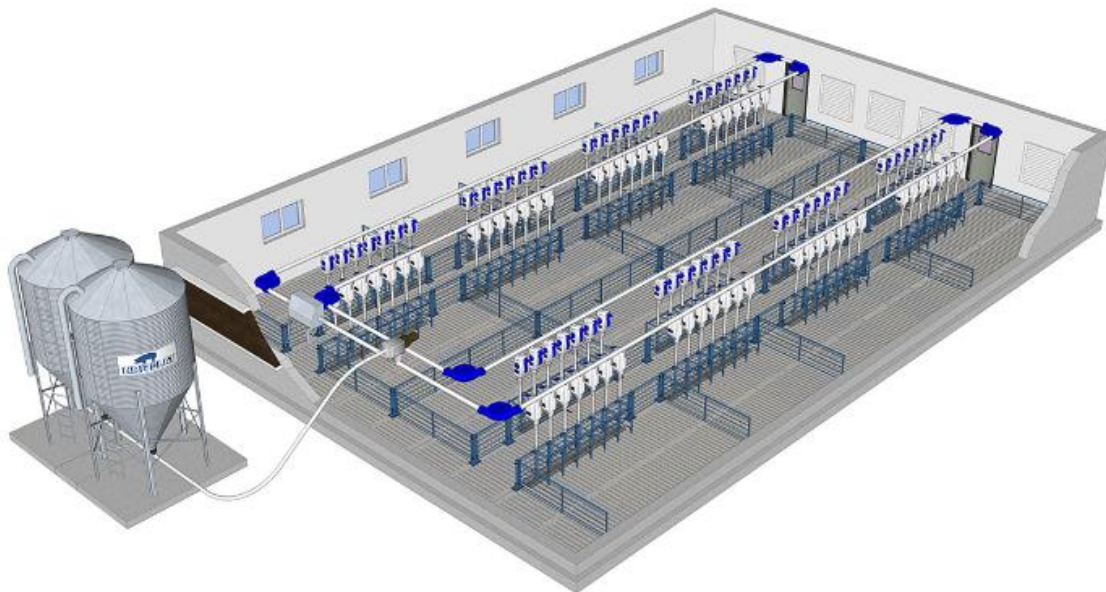
<b>Referencia</b>	GF1610B7
<b>Tensión de bobina</b>	24 Vcc
<b>Tensión máx. en los contactos</b>	250 V (50/60 Hz)
<b>Intensidad máx.</b>	16 A
<b>Tipo de contactos</b>	NO y NC

*Tabla 14 Características relé bomba pozo*

(RS Components, s. f.-d)

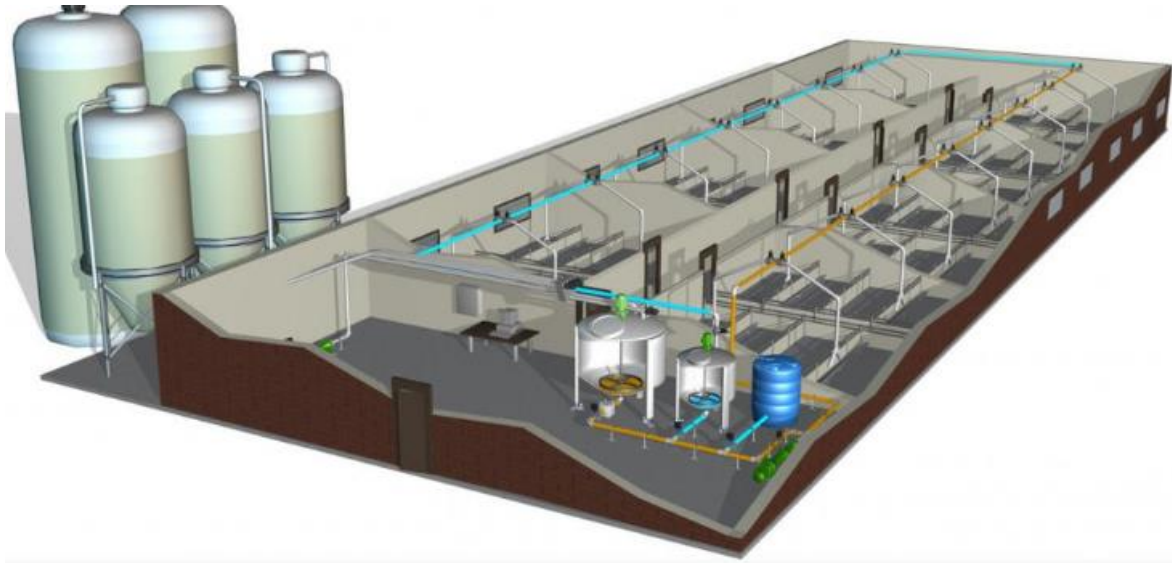
### *5.6.2. Sistema de agua para el suministro a las naves de maternidad, crecimiento y engorde*

A continuación, se muestran las imágenes del sistema de abastecimiento de agua a las naves de maternidad, crecimiento y engorde: (Patec, s. f.-b)

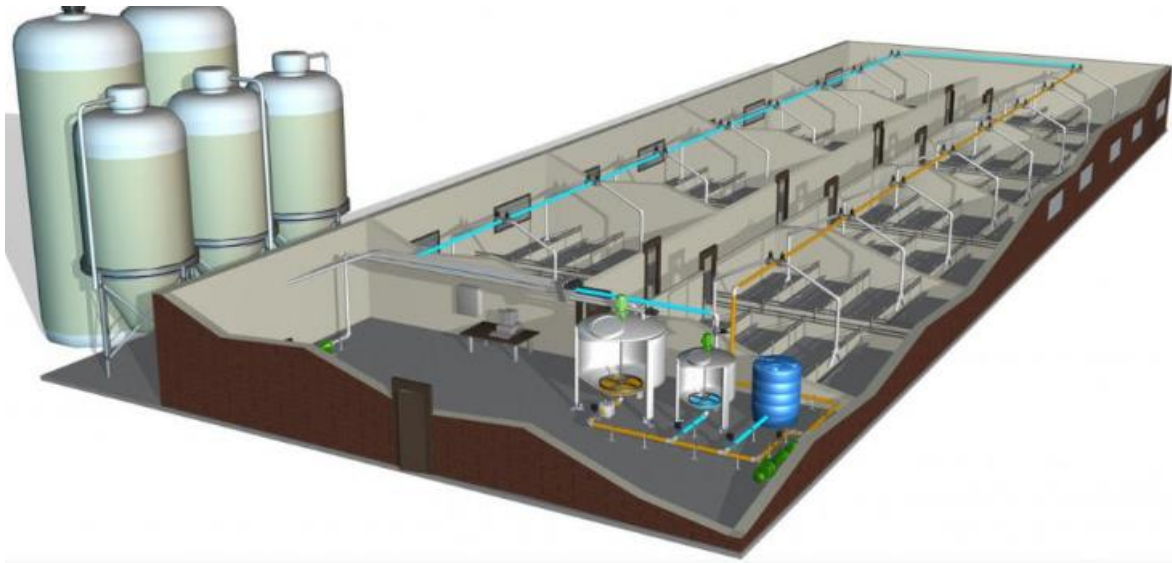


*Ilustración 46 Sistema abastecimiento de agua nave maternidad*

Marco teórico



*Ilustración 47 Sistema abastecimiento de agua nave crecimiento*



*Ilustración 48 Sistema abastecimiento de agua nave engorde*

Para abastecer a las tres naves será necesario:

- Una bomba
- Tuberías de PVC
- Bebederos
- Tres válvulas de retención
- Tres sensores de nivel LMT 100
- Un relé

1. Las tuberías de PVC, los codos de 90° y las válvulas de retención serán las mismas utilizadas en el sistema de abastecimiento de agua del depósito general.
2. Bebedero de acero inoxidable 1/2" nave de maternidad:(GROWKET, s. f.)
  - La cazoleta tiene 160 mm de profundidad para disminuir las pérdidas de agua y la producción de purines.
  - Higiénica, con diseño redondeado que impide la acumulación de suciedad.
  - Con caudal de agua de hasta 5 L/min.



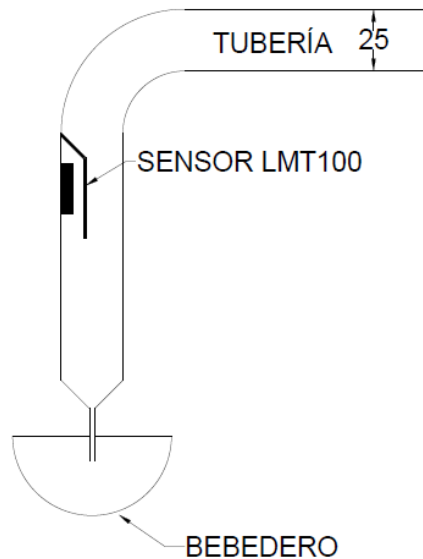
*Ilustración 49 Bebedero de acero inoxidable 1/2".*

3. El sistema de abastecimiento de agua de la nave de crecimiento y engorde será el mismo ya que las dimensiones de las celdas y el número total en ambos casos es igual en la nave de crecimiento y engorde, y por lo tanto los bebederos de las naves de crecimiento y engorde irán incorporados a las tolvas circulares del sistema de alimentación nombrado anteriormente en el sistema de alimentación.  
(GROWKET, s. f.)

Marco teórico

4. Sensor de nivel: situada en las tuberías de PVC como se muestra en la "ilustración 50" se utiliza para proporcionar una señal analógica cuando el agua entra o no en contacto con el sensor, la cual nos informará a tiempo real si la tubería se encuentra con agua o no.

**SISTEMA DE AGUA**



*Ilustración 50 Diagrama sensor de nivel*



*Ilustración 51 Sensor de nivel LMT 100 (I)*

(Ifm, s. f.)



<b>Referencia</b>	LMACE-A12E/QSKG/0/US
<b>Tensión alimentación</b>	24 Vcc
<b>Salidas digitales</b>	2
<b>Rango temperatura de funcionamiento</b>	-40°C a 85°C
<b>Consumo de corriente</b>	< 50mA

*Tabla 15 Características sensor de nivel LMT 100*

- Bomba de agua para el suministro: Se utiliza para abastecer de agua a las naves de maternidad, crecimiento y engorde.



*Ilustración 52 Bomba de suministro*

(Electrobombas.es, s. f.-b)

Marco teórico

6. Relé de impulso: el cual tiene la función de activar o desactivar la bomba de suministro.



*Ilustración 53 Relé de impulso bomba de suministro*

(RS Components, s. f.-d)

Referencia	<b>GF1610B7</b>
Tensión de bobina	24 Vcc
Tensión máx. en los contactos	250 V (50/60 Hz)
Intensidad máx.	16 A
Tipo de contactos	NO y NC

*Tabla 16 Características relé bomba de suministro*

## 5.7. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

El sistema de calefacción es el encargado de aportar el calor necesario a los porcinos para su correcto desarrollo.

Este sistema es usado en épocas frías y es programado simultáneamente con el sistema de ventilación para una mejor optimización de la temperatura.

### 5.7.1. Opciones sistema de calefacción

Se dispone de dos opciones para el sistema de calefacción:

- Suelo radiante eléctrico
- Suelo radiante por agua

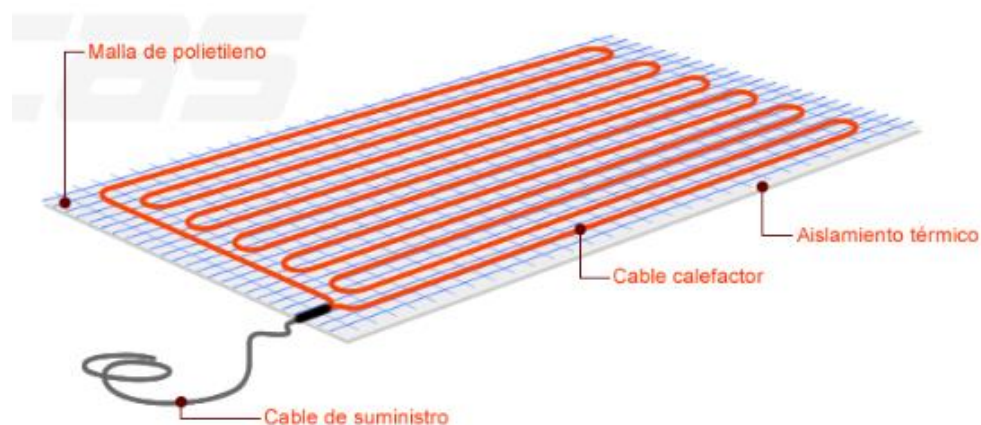
#### **SUELO RADIANTE ELÉCTRICO**

La primera opción será el sistema de calefacción de suelo radiante eléctrico, el cual se compone de una malla eléctrica por celda, una caja de conexiones por cada nave, un diferencial por nave y el cableado necesario.

Este sistema será idéntico para cada nave.

En las siguientes imágenes se muestra cómo será la instalación de la calefacción eléctrica en la granja:(Emilio, s. f.)

Partes de las que consta la malla calefactora eléctrica:

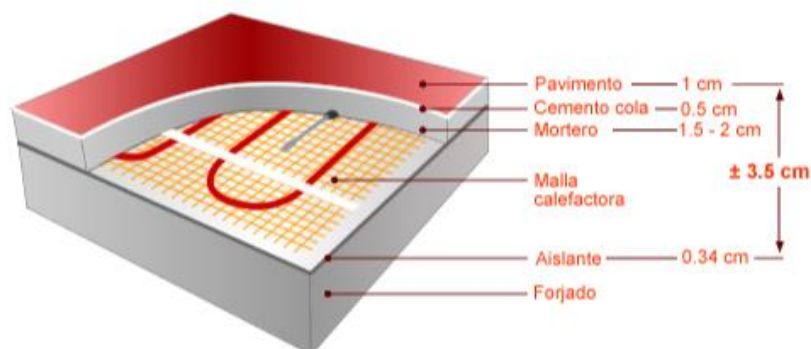


*Ilustración 54 (I) Estructura malla calefactora eléctrica*

Cada malla se sitúa debajo de un corral, las cuales, se cablean en paralelo para ser independientes unas de otras y así evitar que al fallar una de las mallas las demás queden afectadas.

Marco teórico

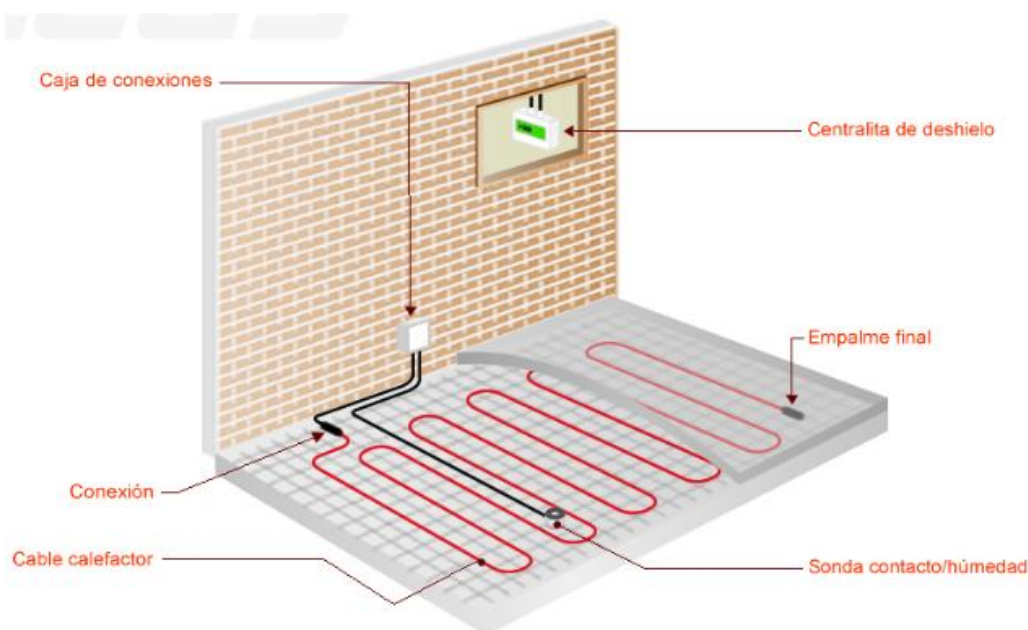
Instalación de las mallas calefactoras en las celdas de los porcinos:



*Ilustración 55 (I) Instalación malla calefactora*

Debajo del suelo (pavimento) de cada corral donde estarán los porcinos, habrá una capa de mortero y justo debajo de esa capa se colocará la malla calefactora, justo debajo de la malla habrá un aislante, el cual, tiene la misión de que todo el calor que desprende la malla ascienda hacia la parte superior a través del mortero, debajo del aislante se colocará un forjado, el cual, dejará una superficie con una inclinación del 5% para que las heces del porcino bajen al drenaje.

Sistema de cada nave, formado por la caja de conexiones, la malla y la sonda de temperatura:



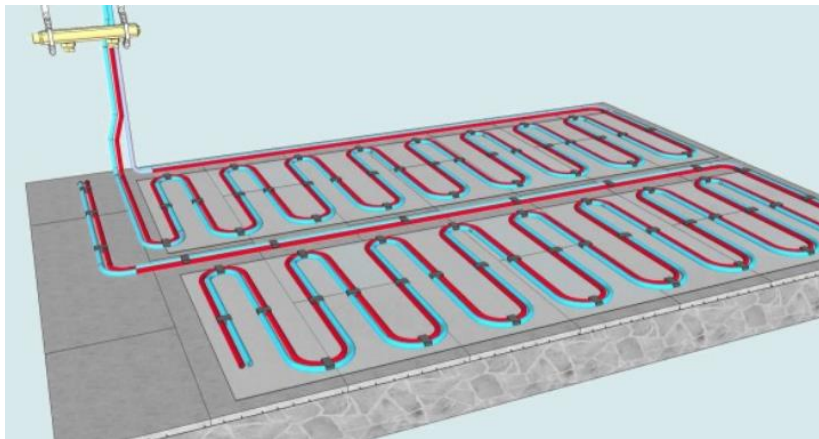
*Ilustración 56 Instalación general sistema de calefacción*

## **SUELO RADIANTE ELÉCTRICO**

La segunda opción será el sistema de calefacción de suelo radiante por agua se compondrá de una caldera abastecida por el depósito general de agua y de unas tuberías por el interior del suelo de las celdas de los porcinos, un diferencial por nave y el cableado necesario.

Este sistema será idéntico para cada nave, además las tuberías de la nave estarán conectadas de tal forma que el final de una se unirá con el principio de la otra y así en su totalidad, formando un circuito serie entre ellas.

En las siguientes imágenes se muestra cómo será la instalación de la calefacción por agua en la granja: (Emilio, s. f.)



*Ilustración 57 Estructura malla calefactora por agua*

En la imagen anterior se observan las partes de las que consta el sistema calefactor por agua.

La instalación será igual a la del suelo radiante eléctrico, con la diferencia de que en este sistema las tuberías transportarán agua en vez de contener cables eléctricos y será necesario utilizar una sala para instalar una caldera y sus diferentes sistemas de protección.

### 5.7.2. Características sistema de calefacción

Tanto el sistema de calefacción por suelo radiante eléctrico o por suelo radiante de agua serán compatibles con los módulos de la granja.

El sistema de calefacción seleccionado para la instalación porcina es el de suelo radiante eléctrico. Este posee una serie de ventajas que aumentan la empleabilidad de este tipo de sistema:

- Las reparaciones son más sencillas de efectuar que en el caso del suelo radiante por agua.
- Tiene un coste menor de instalación que en el caso del suelo radiante por agua.

El requisito principal que se debe tener en cuenta en el sistema de calefacción para un funcionamiento correcto de la granja, es la temperatura óptima de los porcinos en cada etapa de su vida. Para ello, es necesario elegir los componentes de esta instalación de forma correcta, ya que un simple error podría causar un mal desarrollo del producto.

La temperatura optima, según estudios realizados, en cada etapa de la vida del cerdo, es:

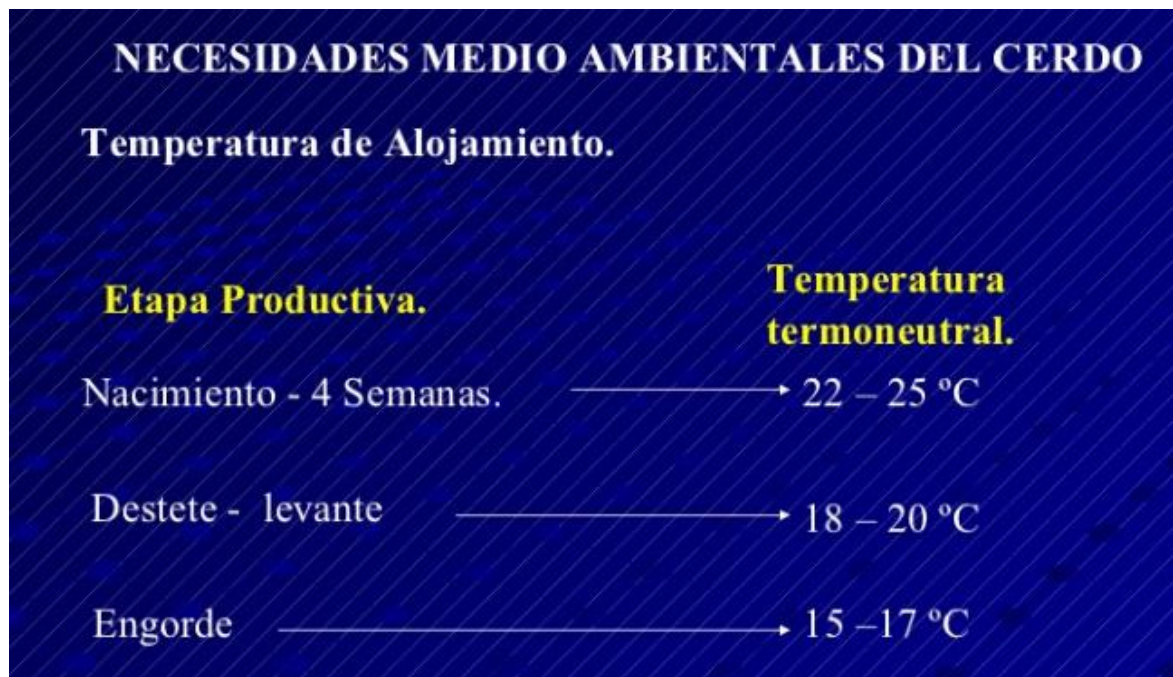


Ilustración 58 Temperaturas de las etapas del porcino

(Bjarne K. Perderson, 2005)

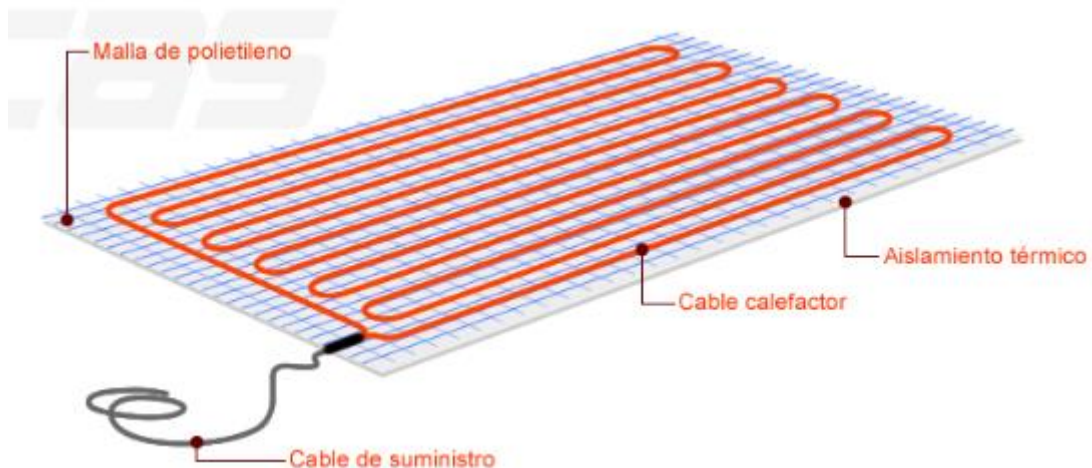
En la imagen anterior se puede observar lo siguiente:

- La temperatura en la nave de maternidad debe fluctuar entre los valores de 22 a 25 °C.
- En la nave de crecimiento la temperatura debe fluctuar entre los valores de 18 a 20 °C.
- En la nave de engorde la temperatura debe fluctuar entre los valores de 15 a 17 °C.

Como se observa, cada nave objeto de este proyecto posee diferentes temperaturas que dependen del trabajo a realizar en las mismas. Para controlar estas temperaturas se requiere un sistema de control (Autómata) que regule las mismas según las necesidades de cada nave.

El sistema de calefacción estará compuesto por:

- 252 mallas calefactoras (una por corral).
  - 3 sondas (una por nave).
  - 3 cajas de conexiones (una por nave).
  - 3 relés (uno por nave).
1. Malla eléctrica: tiene la misión de mantener la temperatura de cada nave a un nivel adecuado para el correcto desarrollo del porcino.



*Ilustración 59 Malla calefactora eléctrica*

Marco teórico

- La sonda utilizada para medir la temperatura de cada una de las tres naves será la misma que la utilizada en el sistema de ventilación.



*Ilustración 60 Sonda de temperatura*

(Comercialarpe, s. f.)

Referencia	<b>QAM2161.040</b>
Longitud de sensor	0,4 m
Rango de medida	-50°C a 50°C
Tensión de funcionamiento	24 V CA $\pm 20$ % // 13,5...35 V CC
Señal de salida	4 a 20mA ó 0 a 10V CC

*Tabla 17 (II) Características sonda de temperatura*

Esta elección se ha llevado a cabo porque el sistema de ventilación y el de calefacción deben ir asociados entre ellos, ya que según la época del año se deberá de utilizar uno u otro, o los dos a la vez, dependiendo de las necesidades de temperatura.



3. Caja de conexiones: dentro de ella se realizarán los empalmes del cable de suministro de todas las mallas calefactoras de la nave y además contendrá el relé de activación de las mallas.



*Ilustración 61 Caja de conexiones*

(RS Components, s. f.-a)

<b>Referencia</b>	1SL0856A00
<b>Dimensiones</b>	220 x 170 x 80mm

*Tabla 18 Características caja de conexiones*

4. Relé de impulso: el cual tiene la función de activar o desactivar las mallas, se utiliza un relé por nave.



*Ilustración 62 Relé de impulso sistema de calefacción*

(RS Components, s. f.-d)

Referencia	GF1610B7
Tensión de bobina	24 Vcc
Tensión máx. en los contactos	250 V (50/60 Hz)
Intensidad máx.	16 A
Tipo de contactos	NO y NC

*Tabla 19 Características relé de impulso sistema de calefacción*

## 5.8. CONTROL, COMUNICACIÓN Y SCADA

### 5.8.1. Opciones Control, Comunicación y Scada

1. Para el control y supervisión de la granja se podrá elegir entre los autómatas Siemens y las estaciones de trabajo:

(RS Components, s. f.-c)

- CPU 314C-2 PN/DP
- S7 1500
- ET 200 SP
- ET 200 S
- ET 200 MP
- ET 200 M

**Autómata:** es un dispositivo electrónico que se programa para realizar acciones de control automáticamente.

Un PLC es un cerebro que activa componentes de maquinarias para ejecuten tareas que pudieran ser peligrosas para el ser humano o muy lentas o imperfectas.

El proveedor que te suministra y/o programa un PLC personaliza el equipo como un sistema con funciones que se activan según tus necesidades de control, registro, recetas, monitoreo con acceso remoto, etc.

(Duilio, 2015)

Se tienen las siguientes posibilidades de autómatas:



*Ilustración 63 Autómata Siemens CPU 314 C-2 PN/DP*



*Ilustración 64 Autómata Siemens S7 1500*

El autómata utilizado para el control y la supervisión de la graja será un Siemens S7 300 CPU 314C-2 PN-DP, esta elección se ha llevado acabo porque el autómata Siemens CPU 314C-2 PN-DP tiene la posibilidad de conectarse tanto a la red profibus como a la red profinet, mientras que el autómata S7 1500 solo puede conectarse a profinet.

Además, el autómata Siemens CPU 314C-2 PN-DP se puede programar con el programa Step 7 de Siemens y el Tia Portal, mientras que el autómata S7 1500 solo se puede programar con el programa Tia Portal.

---

Marco teórico

En definitiva, el autómatas S7 300 CPU 314C-2 PN-DP, tiene la versatilidad de conectarse a cualquier tipo de red y programarse con diferentes softwares, lo que abre la posibilidad de poder modificar la instalación en un futuro si se desea o es necesario.

**Estación de trabajo:** es un ordenador que facilita a los usuarios el acceso a los servidores y periféricos de la red. A diferencia de un ordenador aislado, tiene una tarjeta de red y está físicamente conectada por medio de cables u otros medios no guiados con los servidores. Los componentes para servidores y estaciones de trabajo alcanzan nuevos niveles de rendimiento informático, al tiempo que le ofrece la fiabilidad, compatibilidad, escalabilidad y arquitectura avanzada ideales para entornos multiproceso.

(Monografias.com, s. f.)

En cuanto a las estaciones de trabajo tenemos las siguientes posibilidades:



*Ilustración 65 ET 200 SP Siemens*



*Ilustración 66 ET 200 S Siemens*



*Ilustración 67 ET 200 MP Siemens*







*Ilustración 68 ET 200 M Siemens*

Marco teórico

Características ET 200 Siemens:

(Siemens, 2012)

Sistema de periferia	ET 200SP	ET 200S	ET 200MP <b>NUEVO</b>	ET 200M
<b>Diseño</b>				
Grado de protección	IP20	IP20	IP20	IP20
Forma	escalabilidad granular	modularidad al bit, bloque ampliable	modular	modular
Montaje	Perfil DIN	Perfil DIN	Perfil soporte S7-1500	Perfil soporte S7-300
Sistema de conexión para sensores/actuadores	Conexión mono o multifilar Borne de inserción rápida	Conexión mono o multifilar Bornes de resorte/tornillo, FastConnect	conexión monohilo Bornes de tornillo, Bornes de Push-In	conexión monohilo Bornes de resorte/tornillo, FastConnect, Top Connect

Comunicación				
PROFINET (cobre/FO)	● / ● (en prep.)	● / ●	● / ○	● / ○
PROFIBUS (cobre/FO)	● (en prep.) / (en prep.)	12 Mbits/s / 12 Mbits/s	● (en prep.) / ○	12 Mbits/s / ○
AS-Interface	●	○	○	○
Otros	○	● <sup>8)</sup>	○	○
Funciones de sistema				
Cableado independiente	●	●	● (conexión frontal)	● (conexión frontal)
Hot Swapping/Funcionamiento con huecos	● / ●	● <sup>6)</sup> / ● <sup>6)</sup>	● (en prep.)	● <sup>8)</sup> / ● <sup>8)</sup>
Modo isócrono, p. ej., para regulaciones rápidas	●	●	●	●
Cambio de configuración durante el funcionamiento	●	●	● (en prep.)	●
Módulos High Speed	●	●	●	●
Diagnóstico (en función del módulo)	granular por módulos (granular por canales en prep.)	granular por canales	granular por canales	granular por canales
Funciones				
Canales digitales	●	●	●	●
Canales analógicos incl. HART	○	●	○	●
Arrancadores de motor/convertidores de frecuencia	○ / ○	● / ○	○ / ○	○ / ○
Conexión a neumática	● (en prep.)	● <sup>2)</sup>	○	○
Funciones tecnológicas	●	contaje/medición, posicionamiento, pesaje	●	contaje/medición, posicionamiento, control por levas, regulación, pesaje
Funcionalidad CPU integrada/ I-Device	● (en prep.) / ● (en prep.)	● / ●	○ / ○	● / ● (a través de CPU S7-300)
Shared device <sup>3)</sup>	●	●	●	●
MRP <sup>2)</sup>	●	●	●	●
Configuración futura	● <sup>5)</sup>	●	● (en prep.)	○
Sensores y actuadores (IO-Link)	●	●	○	○

Ilustración 69 Características ET 200 Siemens

La elección final para el trabajo serán tres ET 200 S, una para cada nave, esta elección se ha llevado a cabo porque las estaciones de trabajo ET 200 S pueden conectarse a las redes profibus y profinet, y además la gran ventaja que poseen estas estaciones de trabajo frente a las demás, es que puede controlar todas las funciones, sin recurrir a un módulo externo.

2. Para la comunicación del autómatas con las estaciones de trabajo se dispondrá de dos posibilidades:

- Red Profibus (Cable morado)
- Red Profinet (Cable verde)

**Red profibus:** Su desarrollo fue perfeccionado principalmente para comunicación entre los sistemas de automatización y los equipos descentralizados. Es aplicable en los sistemas de control, donde se destaca el acceso a los dispositivos distribuidos de I/O. Es utilizado en sustitución a los sistemas convencionales 4 a 20 mA, HART o en transmisiones de 23 Volts, en medio físico RS-485 o fibra óptica. Requiere menos de 2 ms para transmitir 1 kbyte de entrada y salida y es muy usado en controles con tiempo crítico.

Actualmente, 90% de las aplicaciones relativas a esclavos Profibus utilizan el PROFIBUS DP. Esta variedad está disponible en tres versiones: DP-V0 (1993), DP-V1 (1997) e DP-V2 (2002). Cada versión tuvo su origen según el adelanto de la tecnología y la búsqueda de nuevas aplicaciones a lo largo del tiempo.

(SMAR, s. f.)

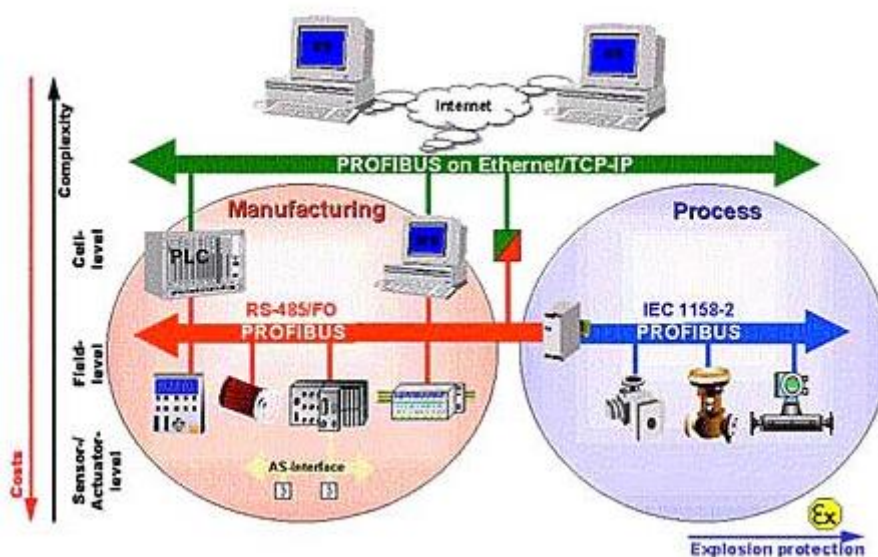


Ilustración 70 Red profibus

Marco teórico

**Red profinet:** está basado en Ethernet Industrial, TCP/IP y algunos estándares de comunicación pertenecientes al mundo TI. Entre sus características destaca que es Ethernet en tiempo real, donde los dispositivos que se comunican por el bus de campo acuerdan cooperar en el procesamiento de solicitudes que se realizan dentro del bus.

Con PROFINET es posible conectar dispositivos, sistemas y celdas (conjuntos de dispositivos aislados entre sí), mejorando tanto la velocidad como la seguridad de sus comunicaciones, reduciendo costes y optimizando la producción. Por sus características, PROFINET permite la compatibilidad con comunicaciones Ethernet más propias de entornos TI, aprovechando todas las características de éstas, salvo la diferencia de velocidad que posee una comunicación Ethernet situada en una red corporativa frente al rendimiento en tiempo real que necesita una red industrial.

(Incibe-cert\_, 2017)

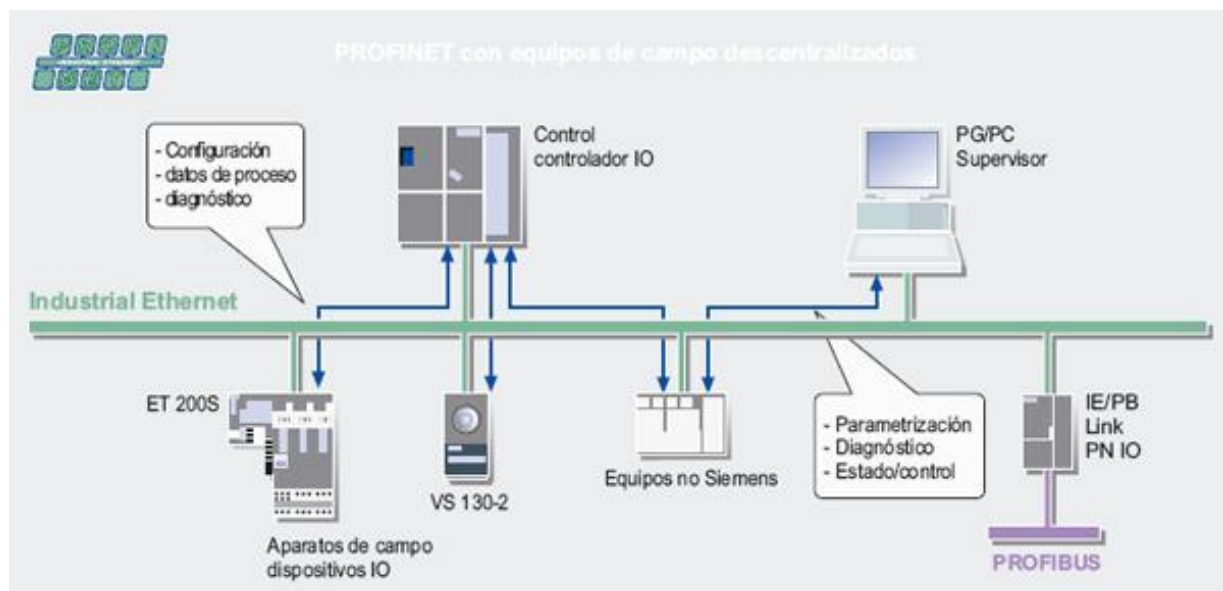


Ilustración 71 Red profinet

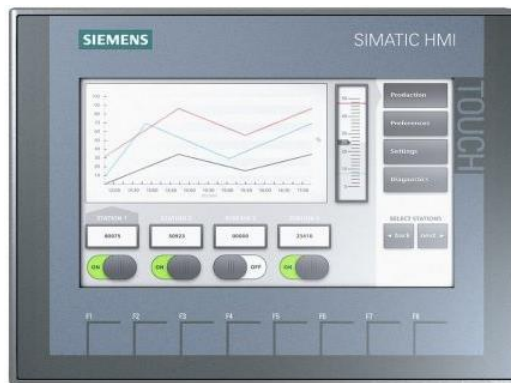
En cuanto a la comunicación se elegirá la red profibus ya que se va a utilizar el programa Step 7 de Siemens para implementar el programa y el Scada, en el cual solo se permite la comunicación mediante la red profibus.



3. Para la implementación del Scada se podrá elegir entre las siguientes pantallas Touch Siemens:

(RS Components, s. f.-b)

- Pantalla táctil HMI, Siemens, 9 pulgadas, TFT, Color, 800 x 480pixels, 274 x 190 x 63 mm
- Pantalla táctil HMI, Siemens, 12,1 pulgadas, TFT, Color, 1280 x 800pixels, 241 x 330 x 70,5 mm



*Ilustración 72 Pantalla táctil HMI Siemens 9 pulgadas (I)*



*Ilustración 73 Pantalla táctil HMI Siemens 12,1 pulgadas*

En cuanto al HMI será necesario una pantalla con grandes dimensiones y gran resolución para desarrollar los Scada necesarios con alta calidad, ya que se van a realizar varias pantallas y a utilizar una gran cantidad de componentes en las unidades funciones. Por este motivo se elegirá la pantalla táctil HMI Siemens de 12,1 pulgadas.

## *5.8.2. Características Control, Comunicación y Scada*

### **HARDWARE**

Elementos del Hardware:

- Autómata o PLC (S7-300 CPU 314 C-2 PN/DP) "Ver ilustración 55"
- Estaciones de trabajo (ET 200 S) "Ver ilustración 58"
- Cable de red profibus "Ver ilustración 62"
- Scada o Pantalla HMI (Touch Siemens 12,1 pulgadas) "Ver ilustración 64"

Como en todos sistemas de automatización, el autómata, en este caso el S7-300 CPU 314 C-2 PN-DP será el maestro de la red profibus y controlará las tres estaciones de trabajo ET 200 S y la pantalla táctil HMI, los cuales serán los esclavos del autómata.

Además, todos los sensores y actuadores repartidos por las naves estarán cableados a las estaciones de trabajo, las cuales recibirán la información de esos sensores y se la enviarán al autómata para que la procese y posteriormente el autómata envíe una respuesta.

Estos cinco elementos están conectados entre ellos mediante la red profibus, a cada elemento se le asocia un numero de dirección, la cual nunca puede repetirse.

En este caso el autómata tiene la dirección 2, el HMI la dirección 1, y las estaciones de trabajo tiene las direcciones 3, 4 y 5.

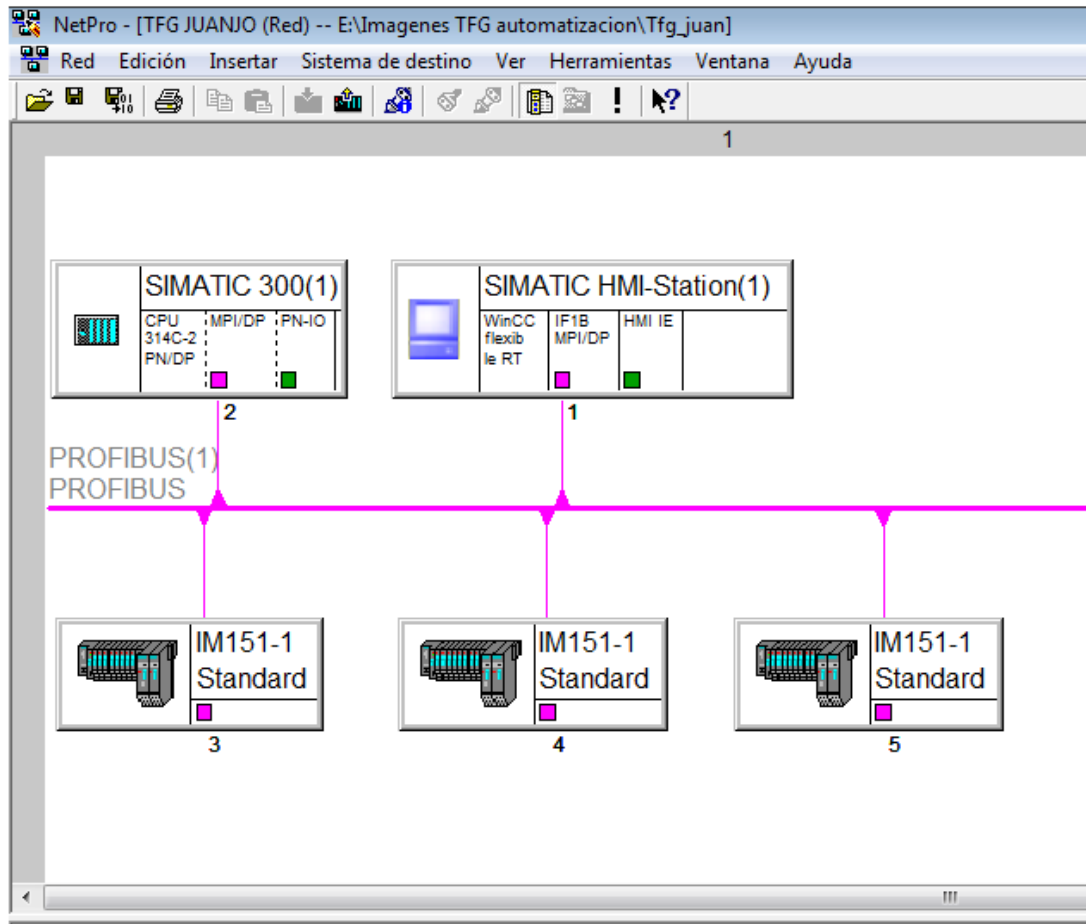


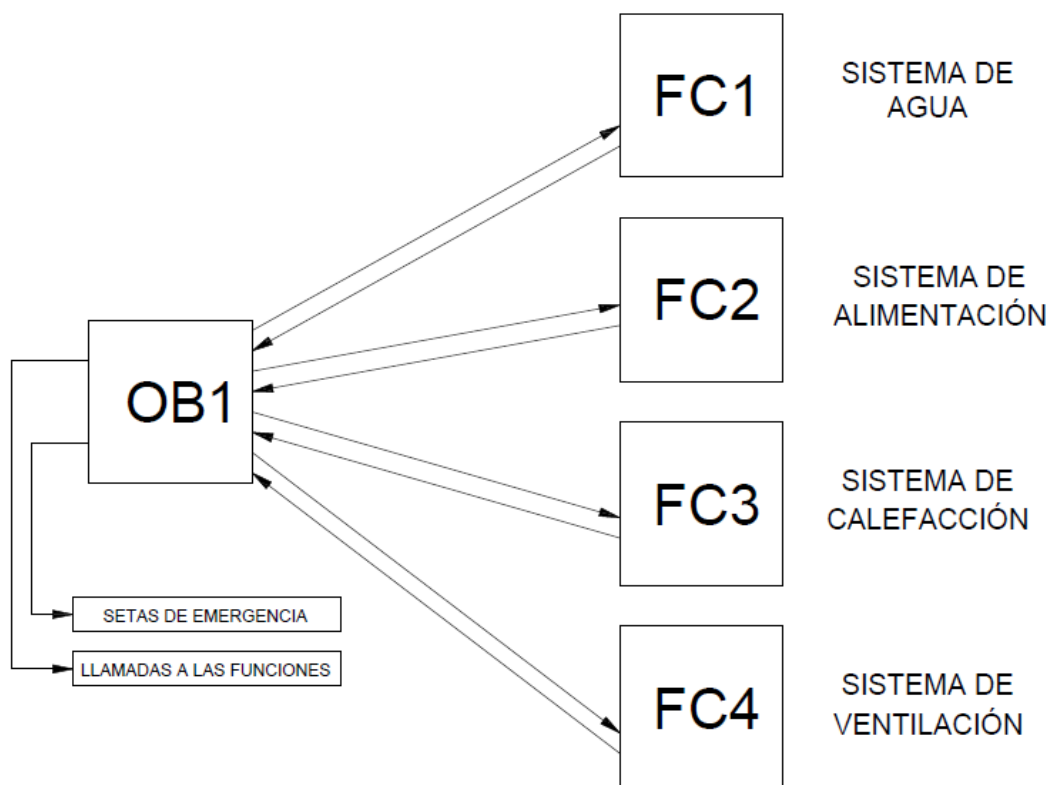
Ilustración 74 Red Profibus

## **SOFTWARE**

El software utilizado será el programa Step 7 de Siemens y el WinCC flexible.

El programa Step 7 de Siemens se utiliza para configurar el Hardware, crear la tabla de símbolos en la cual están todos los tipos de dato de los sensores y actuadores y así poder dimensionar las estaciones de trabajo, e implementar el programa OB1 y sus correspondientes funciones para el correcto funcionamiento de los cuatro sistemas (ventilación, agua, alimentación y calefacción).

La implementación del programa estará dividida de la siguiente forma:



*Ilustración 75 Bloques del programa*

En el OB1 se programan las setas de emergencia, las cuales estarán situadas una en cada nave y las llamadas a las funciones FC1, FC2, FC3 y FC4.

FC1: En esta función del programa se programa el sistema de abastecimiento de agua, el cual se divide en dos secciones: el suministro de agua al pozo general y el suministro de agua a las tres naves de la granja.

FC2: En esta función del programa se programa el sistema de alimentación, el cual abastece de alimento a los porcinos.

FC3: En esta función del programa se programa el sistema de calefacción, el cual proporciona la temperatura adecuada a los porcinos en épocas frías.

FC4: En esta función del programa se programa el sistema de ventilación, que al igual que el sistema de calefacción, proporciona la temperatura adecuada a los porcinos en épocas calurosas.

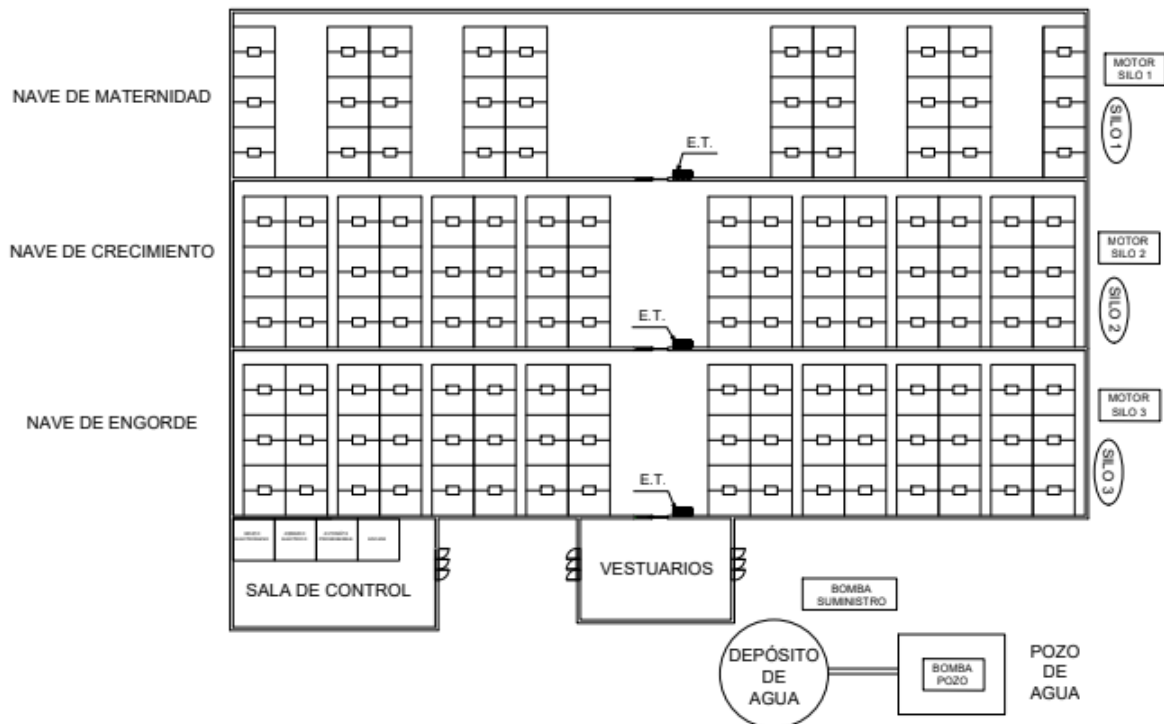
Por otro lado, el programa WinCC flexible se utiliza para crear la tabla de variables, la cual está relacionada con la tabla de símbolos y además crear las imágenes Scada de cada uno de los sistemas, donde se visualiza el estado de la nave a tiempo real.

## 6. DESARROLLO

Para la automatización de la nave se han de tener controlados los parámetros de calefacción, ventilación, área de la nave y sus correspondientes módulos, consumo de alimento, consumo de agua y la etapa de vida en la que se encuentra el porcino.

### 6.1. DIMENSIONAMIENTO GRANJA

La parcela de la nave será de un hectómetro, mientras que las dimensiones de la cada nave son de 82 x 16,2 metros por nave y la sala de control tiene unas dimensiones de 10 x 7 metros, como se muestra en la siguiente imagen:



*Tabla 20 Dimensiones granja porcina*

Estas dimensiones se han calculado dimensionando primero el espacio necesario que necesitaran los porcinos en los corrales.

Para la automatización de la granja y por consiguiente de sus naves, será muy importante conocer el espacio necesario que necesita un porcino para su correcto desarrollo.

En la siguiente tabla se indica el espacio necesario que necesita un porcino en cada etapa de su vida:

Desarrollo

PESO DEL ANIMAL EN (Kg)	ÁREA POR CERDO EN (M <sup>2</sup> )	ETAPA DEL PORCINO
< de 10	0,15	Maternidad
10 a 20	0,2	
20 a 30	0,3	
30 a 50	0,4	Crecimiento
50 a 85	0,55	Engorde
85 a 110	0,65	
> de 110	1	Madre

Tabla 21 Superficie mínima por porcino

(Emilio, s. f.)

Con la ayuda de está tabla se calcula la superficie de cada corral en cada una de las tres naves:

### 6.1.1. Dimensionamiento nave de maternidad

En el diseño de la nave mostrado anteriormente se ha estimado que cada corral tenga de dimensiones 1,7m x 2,4m.

Esta estimación de ha llevado a cabo por el siguiente calculo:

- $0,3\text{m}^2 \times 10 \text{ porcinos} + 1\text{m}^2 \times 1 \text{ madre} = 4\text{m}^2$
- $2,4\text{m}^2 \times 1,7\text{m}^2 = 4,08\text{m}^2$

Hay que tener en cuenta que cada parto de una cerda adulta será como máximo de 10 porcinos.

Se escoge el área de **0,3 m<sup>2</sup>** por porcino por ser la mayor área en la tabla de la etapa de maternidad.

Se escoge el área de **1 m<sup>2</sup>** para la madre porque así lo indica la tabla.

### 6.1.2. Dimensionamiento nave de crecimiento

En el diseño de la nave mostrado anteriormente se ha estimado que cada corral tenga de dimensiones 1,7m x 2,4m.

Esta estimación de ha llevado a cabo por el siguiente calculo:

- $0,4\text{m}^2 \times 5 \text{ porcinos} = 2\text{m}^2$
- $2,4\text{m}^2 \times 1,7\text{m}^2 = 4,08\text{m}^2$

En estos corrales como ya se ha expuesto en la introducción, se introducirán como máximo a 5 porcinos.

Se escoge el área de **0,4 m<sup>2</sup>** por porcino porque así lo indica la tabla.

### 6.1.3. Dimensionamiento nave de engorde

En el diseño de la nave mostrado anteriormente se ha estimado que cada corral tenga de dimensiones 1,7m x 2,4m.

Esta estimación de ha llevado a cabo por el siguiente calculo:

- $0,65\text{m}^2 \times 5 \text{ porcinos} = 3,25\text{m}^2$  necesarios por corral
- $2,4\text{m}^2 \times 1,7\text{m}^2 = 4,08\text{m}^2$  que dispondrán los corrales

En estos corrales como ya se ha expuesto en la introducción, se introducirá como máximo a 5 porcinos.

Se escoge el área de **0,65 m<sup>2</sup>** por porcino por ser la mayor área en la tabla de la etapa de engorde.

## 6.2. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Como se ha explicado en la introducción, el sistema de alimentación será independiente para cada nave.

Los aspectos o apartados a tener en cuenta serán:

- La cantidad de pienso que se debe aportar al porcino en cada nave.
- Las dimensiones y el emplazamiento del sistema de alimentación para cada nave.
- Características de los componentes del sistema de alimentación.

Desarrollo

A continuación, se adjunta una tabla para conocer el consumo de alimento del porcino en cada una de sus etapas:

SEMANAS	PESO (KG)	CONSUMO DIARIO (KG)	GANANCIA DIARIA DE PESO (KG)	ALIMENTO ACUMULADO POR PORCINO (KG)	ETAPA DEL PORCINO
1	3,2	0,02	0,24	0	MATERNIDAD
2	5	0,02	0,24	0,2	
3	6,5	0,3	0,26	1,8	
4	8,4	0,42	0,31	4,2	
5	11,3	0,67	0,48	8,3	
6	15	0,83	0,56	13,6	
7	19,2	0,99	0,64	20	
8	23,9	1,17	0,7	27,7	
9	29	1,28	0,73	36,3	
10	34,3	1,51	0,79	46,2	
11	40,1	1,75	0,86	57,7	CRECIMIENTO
12	46,3	1,94	0,9	70,8	
13	52,7	2,14	0,93	85,1	
14	59,4	2,32	0,96	100,8	
15	66,2	2,49	0,99	117,7	
16	73,2	2,64	1	135,8	
17	80,2	2,78	1,01	154,8	ENGORDE
18	87,3	2,9	1,01	174,8	
19	94,3	3	1	195,5	
20	101,3	3,09	0,98	216,9	
21	108,1	3,16	0,96	238,8	
22	114,6	3,21	0,93	261,2	



23	121	3,24	0,89	283,8
----	-----	------	------	-------

*Tabla 22 Alimento necesario para la reproducción del porcino.*

(Emilio, s. f.)

### *6.2.1. Dimensionamiento silo nave de maternidad*

Cálculos para las dimensiones del silo:

La nave está dividida en 6 módulos, además cada módulo tiene 12 corrales y cada corral puede contener como máximo a 8 porcinos más la madre.

El cálculo de los kilogramos de comida se realiza escogiendo los Kg de comida que ha consumido el porcino en su maternidad.

Los datos de los kilogramos de comida se han tomado de la tabla 2.

- $36,3 \text{ Kg} \times 60 \text{ celdas} \times 8 \text{ porcinos} + 3,24 \text{ Kg} \times 42 \text{ días} \times 60 \text{ madres} =$   
**25588,8 Kg.**
- $25588,8 \text{ Kg} / (8 \text{ semanas} \times 7 \text{ días}) =$  **456,94 Kg/Día.**

Será necesario tener 456,94 kilogramos de alimento en el silo por día.

Una vez conocido los Kilogramos/Día de alimento que consume el porcino en la etapa de maternidad, se elige un silo capaz de satisfacer esa demanda con un margen de seguridad de dos semanas, por si el proveedor se retrasa en los plazos de entrega del alimento.

Capacidad silo nave maternidad =  $456,94 \text{ Kg/Día} \times 12 \text{ días} =$  **5483,28 Kg**



*Ilustración 76 Silo nave maternidad*

(TIENDA GANADERA, s. f.-c)

Referencia	GAN.2551CG
Capacidad	7080 Kg (10,9 m <sup>3</sup> )
Altura	4,81 metros

*Tabla 23 Características silo nave maternidad*

### 6.2.2. Dimensionamiento silo nave de crecimiento

Cálculos para las dimensiones del silo:

- $(85,1 - 36,3) \text{ kg} \times 8 \text{ módulos} \times 12 \text{ corrales} \times 5 \text{ porcinos} = \mathbf{23424 \text{ Kg}}$
- $23424 \text{ Kg} / (4 \text{ semanas} \times 7 \text{ días}) = \mathbf{836,57 \text{ Kg/Día}}$

Será necesario tener 836,57 kilogramos de alimento en el silo por día.

La nave está dividida en 8 módulos, además cada módulo tiene 12 corrales y cada corral puede contener como máximo a 5 porcinos.

El cálculo de los kilogramos de comida se realiza escogiendo los kilogramos de comida que ha consumido el porcino en su maternidad y restándoselos a los kilogramos que necesitara el porcino en su etapa de crecimiento, para así conseguir la diferencia y calcular el máximo de kilogramos de comida necesaria en la nave de crecimiento.

Los datos de los kilogramos de comida se cogen de la tabla 2.

Una vez conocido los kilogramos/Día de alimento que consume el porcino en la etapa de crecimiento, se elige un silo capaz de satisfacer esa demanda con un margen de seguridad 12 días, por si el proveedor se retrasa en los plazos de entrega.

Capacidad silo nave maternidad =  $836,57 \text{ Kg/Día} \times 12 \text{ días} = \mathbf{10038,84 \text{ Kg}}$



*Ilustración 77 Silo nave crecimiento*

(TIENDA GANADERA, s. f.-d)

Referencia	GAN.2552CG
Capacidad	10830 Kg (16,6 m <sup>3</sup> )
Altura	5,95 metros

*Tabla 24 Características silo nave crecimiento*

### 6.2.3. Dimensionamiento silo nave de engorde

Cálculos para las dimensiones del silo:

- $(283,8 - 85,1) \text{ Kg} \times 8 \text{ módulos} \times 12 \text{ corrales} \times 5 \text{ porcinos} = \mathbf{95376 \text{ Kg}}$ .
- $95376 \text{ Kg} / (10 \text{ semanas} \times 7 \text{ días}) = \mathbf{1362,51 \text{ Kg/Día}}$ .

Será necesario tener 1362,51 kilogramos de alimento en el silo por día.

La nave está dividida en 8 módulos, además cada módulo tiene 12 corrales y cada corral puede contener como máximo a 5 porcinos.

El cálculo de los kilogramos de comida se realiza escogiendo los kilogramos de comida que ha consumido el porcino en su crecimiento y restándoselos a los kilogramos que necesitara el porcino en su etapa de engorde, para así conseguir la diferencia y calcular el máximo de kilogramos de comida necesaria en la nave de engorde.

Los datos de los kilogramos de comida se cogen de la tabla 2.

Una vez conocido los Kilogramos/Día de alimento que consume el porcino en la etapa de engorde, se elige un silo capaz de satisfacer esa demanda con un margen de seguridad de 12 días, por si el proveedor se retrasa en los plazos de entrega.

Capacidad silo nave maternidad =  $1362,51 \text{ Kg/Día} \times 12 \text{ días} = \mathbf{16350,12 \text{ Kg}}$



*Ilustración 78 Silo nave engorde*

(TIENDA GANADERA, s. f.-e)

Referencia	GAN.2554CG
Capacidad	18330 Kg (28,2 m <sup>3</sup> )
Altura	8,24 metros

Tabla 25 Características silo nave engorde

### 6.2.4. Dimensionamiento tuberías de alimentación

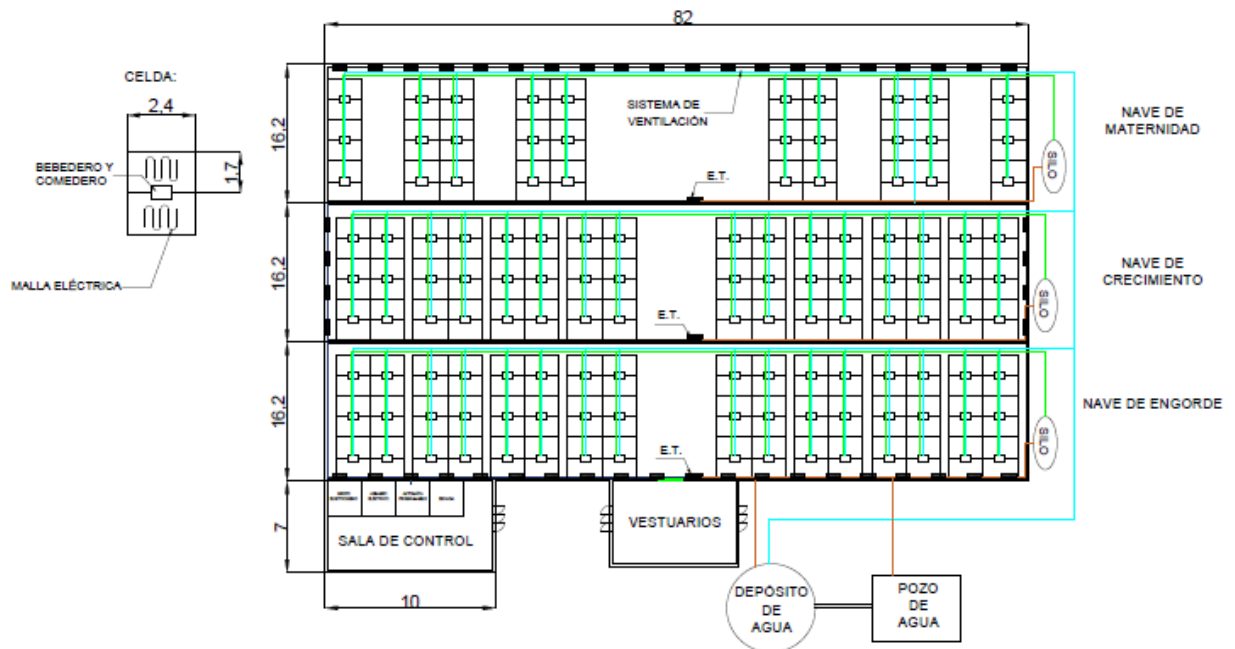


Ilustración 79 Dimensiones granja (I)

Serán necesarios 30 codos para la nave de maternidad, 48 codos de 90° para la nave de crecimiento y 48 codos de 90° para la nave de engorde, además serán necesarios otros 3 codos en el exterior para redirigir el alimento de los silos.

En total serán necesarios  $30 + 48 + 48 + 3 = 129$  codos de 90° para transportar el alimento.

Calculando la distancia de los silos hasta los comederos de las tres naves, serán necesarios un total de:  $82\text{m} \times 3\text{m} + 16,2\text{m} \times 45\text{m} + 252\text{m} \times 2\text{m} = 1479$  metros de tubería de PVC para transportar el alimento.

Desarrollo

Como cada tubería mide 1 metros, será necesarias 1479 metros / 1 metros = 1479 tuberías.

## 6.3. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

### 6.3.1. Dimensionamiento depósito de agua general

En primer lugar, se debe conocer el agua necesaria que va a consumir el porcino en cada etapa de su vida:

Peso del cerdo (KG)	Altura desde el suelo hasta el bebedero (mm)	Edad (semanas)	Litros / día	Etapas del porcino
<b>5 - 10</b>	100 - 250	8	1	Maternidad
<b>10 - 30</b>	300 - 400	9	2,5	
<b>30 - 40</b>	400 - 600	10	3,3	Crecimiento
<b>40 - 50</b>	600 - 750	12	4,2	
<b>50 - 75</b>	750 - 900	14	5	
<b>75 - 100</b>	750 - 900	17	7	Engorde
<b>&gt; 100</b>	750 - 900	21	8,9	

*Tabla 26 Consumo Litros/día del porcino*

(proyectos jns soft, s. f.)

Una vez conocido el consumo de agua del porcino se procederá al cálculo de agua total necesaria para abastecer a las tres naves.

- **Nave de maternidad:** 60 corrales x 8 porcinos x 2,5 l/día + 60 corrales x 1 madre x 8,9 l/día = 1734 l/día.
- **Nave de crecimiento:** 8 módulos x 12 corrales x 5 porcinos x 4,2 l/día = 2016 l/día.
- **Nave de engorde:** 8 módulos x 12 corrales x 5 porcinos x 8,9 l/día = 4272 l/día.

**Total** = 1734 l/día + 2016 l/día + 4272 l/día = **8022 l/día.**

**Capacidad depósito** = 8022 l/día x 7 días = 56154 l/día.

Para la demanda de agua calculada anteriormente se instalará un depósito de chapa de 4,55 metros de diámetro con cuatro aros de altura, lo que supondrá una capacidad de 62000 litros.

Este depósito se ha dimensionado para satisfacer la demanda de agua de una semana, por posibles fallos en el sistema o realización de tareas de mantenimiento en la bomba:



*Ilustración 80 Depósito de agua*

(TIENDA GANADERA, s. f.-b)

<b>Referencia</b>	TOL.CDE0445-4
<b>Diámetro</b>	4,55 metros
<b>Aros de altura</b>	4 aros
<b>Capacidad</b>	62000 litros

*Tabla 27 Características depósito de agua general*

### **6.3.2. Dimensionamiento bomba de agua para depósito general**

Una vez conocida el agua necesaria que debemos almacenar, se procederá a calcular la bomba de agua necesaria:

1. Al usar una tubería de 25 mm de diámetro el caudal máximo será de 1917. («Calculadora caudal de tuberías», s. f.)
2. Características de la aspiración:
  - Altura de aspiración: 20 m
  - Longitud de la tubería: 20 m
  - Número de válvulas: 1
  - Número de codos de 90°: 0
3. Características de la impulsión:
  - Altura de impulsión: 100 m
  - Longitud de la tubería: 150 m
  - N° de válvulas: 1
  - N° de codos de 90°: 2
4. Los datos generales que se tienen son los siguientes:
  - Altura geométrica (Altura aspiración + Altura de impulsión): 120 m
  - Recorrido total de la tubería: 170 m
  - Diámetro interior de la tubería: 25 mm



5. Pérdidas de Carga en la aspiración:

- Longitud de la tubería: 20 m
- Pérdidas singulares: 10 m (válvula de retención)
- Longitud equivalente de la tubería: 30 m

Con este valor se puede obtener la pérdida en metros columna de agua (m.c.a.) a través de la tabla de pérdidas de carga. Ver tabla (XX) en los anexos.

Es decir, con una bomba de agua de 1.500 l/h = 25 l/m en una tubería de 25 mm de diámetro y 2,5 mm de espesor, corresponden a unas pérdidas de 3,9 m por cada 100 m lineales de tubería de las características descritas. Entonces:  $3,9 \times 30/100 = 1,17$  m.c.a. («Pérdidas de carga en tubería de PVC», s. f.)

6. Pérdidas de carga en la impulsión:

- Longitud de la tubería: 150 m
- Pérdidas singulares: 10 m (válvula de retención) + 10 m (2 codos de 90°).
- Longitud equivalente de la tubería: 170 m

Se procede igual que en el punto anterior y se obtiene:  $3,9 \times 170/100 = 6,63$  m.c.a.

7. Resultado del cálculo:

- Altura manométrica total = Altura de aspiración + Altura de impulsión + Pérdidas de carga en aspiración + Pérdidas de carga en impulsión  
( $20 + 150 + 1,17 + 6,63 = 177,8$  m.c.a.)

Se debe seleccionar una bomba que eleve aproximadamente 1500 l/h a una altura de 177,8 m.c.a.



*Ilustración 81 Bomba de agua del pozo*

Desarrollo

(Electrobombas.es, s. f.-a)

<b>Referencia</b>	663372
<b>Potencia</b>	1,5 CV
<b>Caudal máximo</b>	2400 l/h
<b>Altura máx.</b>	186 m
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	0 a 60 °C

*Tabla 28 Características bomba de agua pozo*

### *6.3.3. Dimensionamiento bomba de agua para el suministro de las tres naves*

1. Características de la aspiración:

- Altura de aspiración: 0 m
- Longitud de la tubería: 25 m
- Número de válvulas: 1
- Número de codos de 90°: 0

2. Características de la impulsión:

- Altura de impulsión: 10 m
- Longitud de la tubería: 1275 m
- Nº de válvulas: 3
- Nº de codos de 90°: 110

3. Los datos generales que se tienen son los siguientes:

- Altura geométrica (Altura aspiración + Altura de impulsión): 10 m
- Recorrido total de la tubería: 1300 m
- Diámetro interior de la tubería: 25 mm

4. Pérdidas de Carga en la aspiración:

- Longitud de la tubería: 25 m
- Pérdidas singulares: 10 m (válvula de retención)
- Longitud equivalente de la tubería: 35 m

Con este valor se puede obtener la pérdida en metros columna de agua (m.c.a.) a través de la tabla de pérdidas de carga. Ver tabla en los anexos.

Es decir, con una bomba de agua de 1500 l/h = 25 l/m en una tubería de 25 mm de diámetro y 2,5 mm de espesor, corresponden a unas pérdidas de 3,9 m por cada 100 m lineales de tubería de las características descritas. Entonces:  $3,9 \times 35/100 = 1,37$  m.c.a.

5. Pérdidas de carga en la impulsión:

- Longitud de la tubería: 1275 m
- Pérdidas singulares: 30 m (tres válvulas de retención) + 550 m (110 codos de 90°).
- Longitud equivalente de la tubería: 2405 m

Se procede igual que en el punto anterior y se obtiene:  $3,9 \times 2405/100 = 93,8$  m.c.a.

6. Resultado del cálculo:

- Altura manométrica total = Altura de aspiración + Altura de impulsión + Pérdidas de carga en aspiración + Pérdidas de carga en impulsión  
( $0 + 10 + 1,37 + 93,8 = 105,17$  m.c.a.)

Se debe seleccionar una bomba que eleve 1500 l/h a una altura de 105,17 m.c.a.



Tabla 29 Bomba de agua de suministro

Desarrollo

(Electrobombas.es, s. f.-b)

<b>Referencia</b>	663367
<b>Potencia</b>	0,75 CV
<b>Caudal máximo</b>	1500 l/h
<b>Altura máx.</b>	126 m
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	0 a 60 °C

Tabla 30 Características bomba de suministro

### 6.3.4. Dimensionamiento tuberías de agua

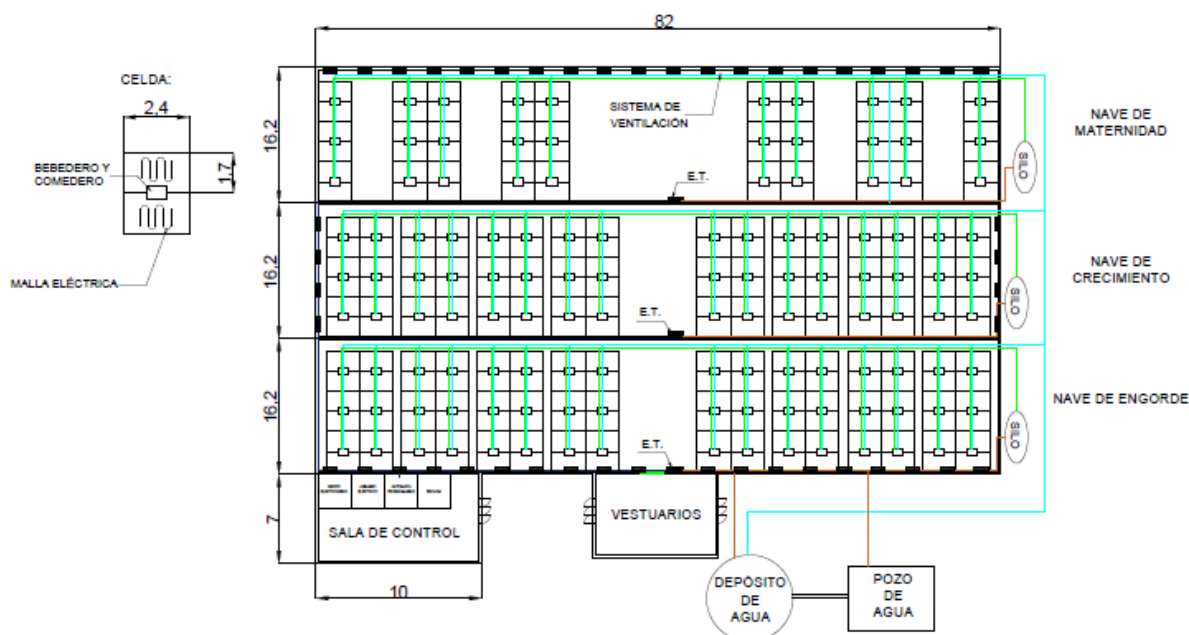


Ilustración 82 Dimensiones granja (II)

Serán necesarios 30 codos para la nave de maternidad, 48 codos de 90° para la nave de crecimiento y 48 codos de 90° para la nave de engorde, además serán necesarios otros 3 codos en el exterior para redirigir el agua del depósito y la bomba de agua.

En total serán necesarios  $30 + 48 + 48 + 7 = 133$  codos de  $90^\circ$  para transportar el agua.

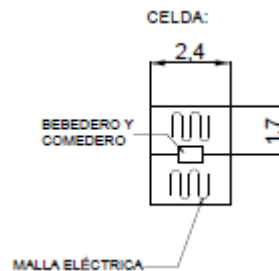
En cuanto a las tuberías serán necesarios  $82\text{m} \times 3\text{m} + 16,2\text{m} \times 45\text{m} + 252\text{m} \times 2\text{m} + 200\text{m} = 1679$  metros de tubería de PVC para transportar el agua.

Como cada tubería mide 2,5 metros, será necesarias  $1679 \text{ metros} / 2,5 \text{ metros} = 672$  tuberías.

## 6.4. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE CALEFACCIÓN

### 6.4.1 Dimensionamiento mallas eléctricas

Para el dimensionamiento de las mallas eléctricas se calcula el espacio donde se coloca la malla:



*Ilustración 83 Dimensiones del corral*

$$\text{Corral} = 2,4 \text{ m} \times 1,7 \text{ m} = 4,08 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, se necesita una malla aproximada de  $4 \text{ m}^2$ .



*Ilustración 84 Malla eléctrica sistema calefacción*

(Ducasa MDC, s. f.)

<b>Referencia</b>	MDC 4.0-600
<b>Tensión de funcionamiento</b>	230 V AC
<b>Área</b>	4 m <sup>2</sup>
<b>Sección de los cables</b>	3.78 - 5.05 mm
<b>Potencia</b>	600 W

*Tabla 31 Características malla eléctrica sistema de calefacción*

## 6.5. DIMENSIONAMIENTO CONTROL, COMUNICACIÓN Y SCADA

### 6.5.1. Dimensionamiento autómatas

El autómatas utilizado para el control y la supervisión de la granja será un Siemens S7 300 CPU 314C-2 PN-DP.

Su tensión de alimentación es de 24 Vcc a 5A, por lo tanto, para conectarlo a la red eléctrica (230V AC) se le proporcionará una fuente de alimentación de 5A y 24Vcc.



*Ilustración 85 Autómatas S7-300 CPU 314 C-2 PN/DP*

(RS Components, s. f.-c)

<b>Referencia</b>	6ES7314-6BH04-0AB0
<b>Tensión de Alimentación</b>	24 Vcc
<b>Entradas Digitales</b>	24 (0-24 Vcc)
<b>Salidas digitales</b>	16 (0-24 Vcc)
<b>Entradas Analógicas</b>	4 (4 a 20 mA)
<b>Salidas Analógicas</b>	2 (4 a 20 mA)
<b>Potenciómetros</b>	1 PT100 (10 M ohm)
<b>Contadores rápidos</b>	4 (60 Hz)
<b>Interface integrado</b>	RS485
<b>Memoria central</b>	192 KBYTE

*Tabla 32 Características Autómata Siemens S7-300 CPU 314 C-2 PN-DP*

Para el funcionamiento del autómata será necesario una fuente de alimentación de 24 Vcc y 5A.



*Ilustración 86 Fuente de alimentación Siemens 24 Vcc 5A*

(Standard Exchange Industry, s. f.)

Autor: Juan **José Horno Pérez**

424.18.60

<b>Referencia</b>	6ES7307-1EA00-0AA0
<b>Tensión entrada</b>	120/230 VA
<b>Tensión Salida</b>	24 Vcc
<b>Intensidad Salida</b>	5A

*Tabla 33 Características Fuente de alimentación Siemens 24 Vcc 5ª*

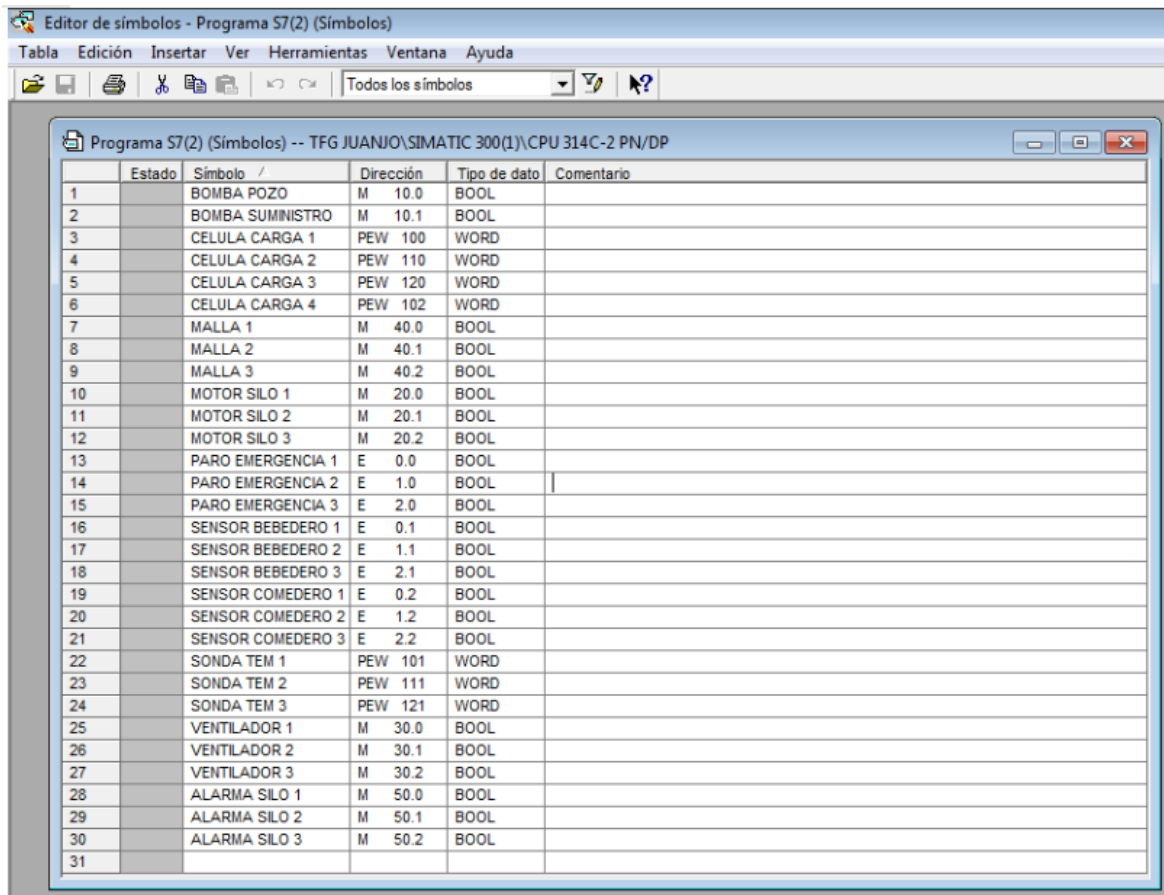
### 6.5.2. Dimensionamiento Estaciones de trabajo

Se utilizan tres estaciones de trabajo (ET 200 S), una para cada nave.

Estas estaciones de trabajo funcionan a 24 Vcc, por lo tanto, será necesario una fuente de alimentación para conectarlas a la red eléctrica (230V AC) "Ver ilustración 83", además las estaciones de trabajo se comunican con el autómatas mediante la red profibus "Ver ilustración 62".

Para el dimensionamiento de las estaciones de trabajo es necesario conocer todas las variables programadas. A continuación, se muestra la tabla de variables del programa, esta tabla nos indica que tipo de dato vamos a usar para cada variable y el número total de variables:





	Estado	Símbolo /	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		BOMBA POZO	M 10.0	BOOL	
2		BOMBA SUMINISTRO	M 10.1	BOOL	
3		CELULA CARGA 1	PEW 100	WORD	
4		CELULA CARGA 2	PEW 110	WORD	
5		CELULA CARGA 3	PEW 120	WORD	
6		CELULA CARGA 4	PEW 102	WORD	
7		MALLA 1	M 40.0	BOOL	
8		MALLA 2	M 40.1	BOOL	
9		MALLA 3	M 40.2	BOOL	
10		MOTOR SILO 1	M 20.0	BOOL	
11		MOTOR SILO 2	M 20.1	BOOL	
12		MOTOR SILO 3	M 20.2	BOOL	
13		PARO EMERGENCIA 1	E 0.0	BOOL	
14		PARO EMERGENCIA 2	E 1.0	BOOL	
15		PARO EMERGENCIA 3	E 2.0	BOOL	
16		SENSOR BEBEDERO 1	E 0.1	BOOL	
17		SENSOR BEBEDERO 2	E 1.1	BOOL	
18		SENSOR BEBEDERO 3	E 2.1	BOOL	
19		SENSOR COMEDERO 1	E 0.2	BOOL	
20		SENSOR COMEDERO 2	E 1.2	BOOL	
21		SENSOR COMEDERO 3	E 2.2	BOOL	
22		SONDA TEM 1	PEW 101	WORD	
23		SONDA TEM 2	PEW 111	WORD	
24		SONDA TEM 3	PEW 121	WORD	
25		VENTILADOR 1	M 30.0	BOOL	
26		VENTILADOR 2	M 30.1	BOOL	
27		VENTILADOR 3	M 30.2	BOOL	
28		ALARMA SILO 1	M 50.0	BOOL	
29		ALARMA SILO 2	M 50.1	BOOL	
30		ALARMA SILO 3	M 50.2	BOOL	
31					

*Ilustración 87 Tabla de símbolos*

En total el programa está compuesto por:

- 9 Entradas digitales.
- 7 Entradas analógicas.
- 14 Marcas, las cuales irán asociadas a 14 salidas digitales.

Todas estas variables se distribuirán en tres estaciones de trabajo, quedando definidas de la siguiente manera:

La ET1 200 S estará formada por 4 entradas digitales, 4 salidas digitales, 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas.

- PM-E 6ES7-138-4CA00-0AA0
- 4DI 6ES7-131-4BD00-0AA0
- 4DO 6ES7-132-4BD00-0AA0
- 2AI 6ES7-134-4FB00-0AB0
- 2AI 6ES7-134-4FB00-0AB0
- 2AO 6ES7-135-4FB00-0AB0

Desarrollo

Mientras que las ET2 Y ET3 200 S estarán formadas por 4 entradas digitales, 4 salidas digitales, 2 entradas analógicas y 2 salidas analógicas

- PM-E 6ES7-138-4CA00-0AA0
- 4DI 6ES7-131-4BD00-0AA0
- 4DO 6ES7-132-4BD00-0AA0
- 2AI 6ES7-134-4FB00-0AB0
- 2AO 6ES7-135-4FB00-0AB0



Ilustración 88 ET 200 S Siemens

(Plc-city, s. f.)

<b>Referencia</b>	6ES7 151-1AA05-0AB0
<b>Tensión de Alimentación</b>	24 Vcc
<b>Entradas Digitales</b>	4 (0-24 Vcc)
<b>Salidas digitales</b>	4 (0-24 Vcc)
<b>Entradas Analógicas</b>	2 (4 a 20 mA)
<b>Salidas Analógicas</b>	2 (4 a 20 mA)
<b>Tipo de Red</b>	Profibus

Tabla 34 Características ET 200 S Siemens

La fuente de alimentación usada es la misma que la del autómata "Ilustración 83" y por lo tanto tiene las mismas características "Tabla 22".

### 6.5.3. Diseño Scada

El sistema Scada se implementará en una pantalla táctil HMI de Siemens de 12,1 pulgadas, la cual contendrá 5 imágenes: una imagen general del sistema, el sistema de alimentación, el sistema de ventilación, el sistema de abastecimiento de agua y el sistema de calefacción.



Ilustración 89 Pantalla táctil HMI Siemens 12,1 pulgadas (II)

(RS Components, s. f.-b)

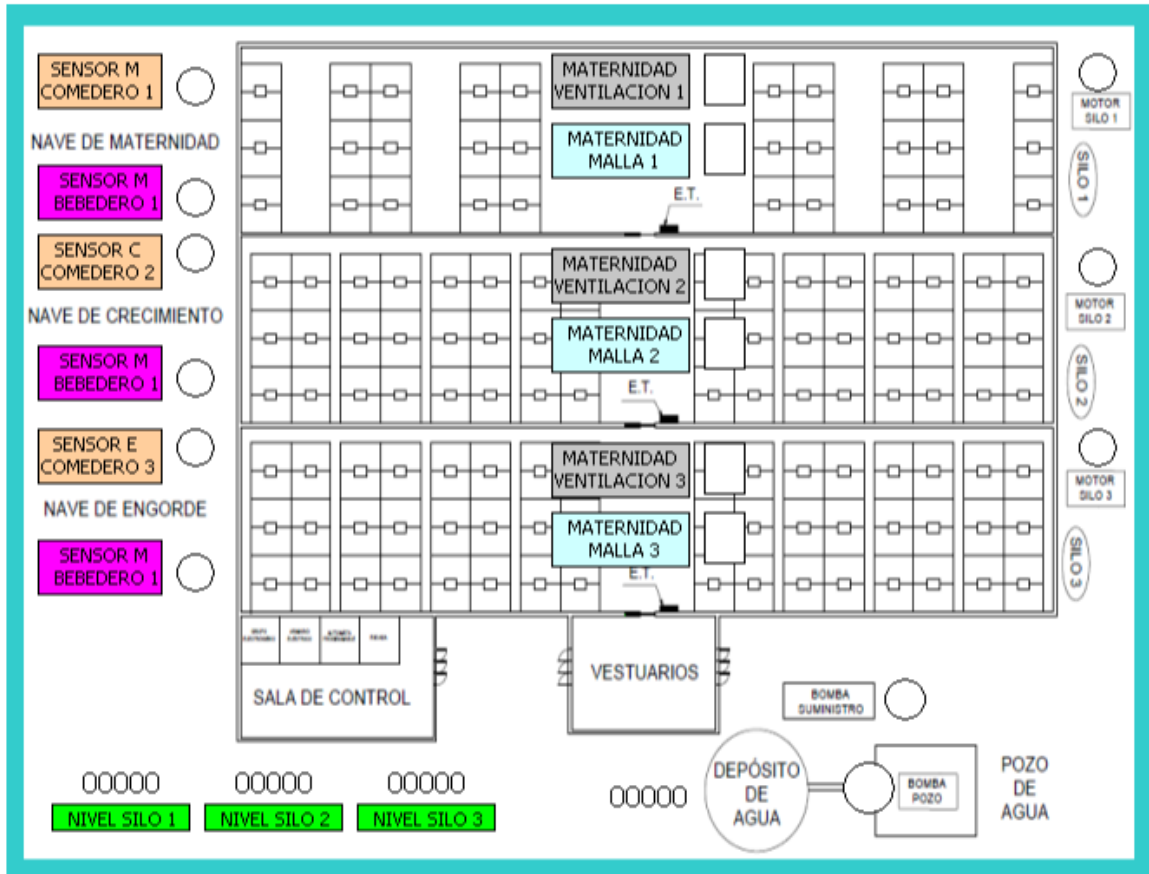
<b>Referencia</b>	6AV2124-0MC01-0AX0
<b>Tensión de Alimentación</b>	24 Vcc
<b>Tamaño</b>	12,1 Pulgadas
<b>Dimensiones</b>	241 x 330 x 70,5 mm
<b>Conexión de Red</b>	Profibus

Tabla 35 Características Pantalla táctil HMI Siemens

Al igual que el autómata y las estaciones de trabajo, la pantalla HMI elegida necesitara una fuente de alimentación de 24 Vcc y 5A para conectarse a la red eléctrica (230V AC) "Ver ilustración 83", y su conexión al autómata se realiza mediante la red profibus "Ver ilustración 62".

Desarrollo

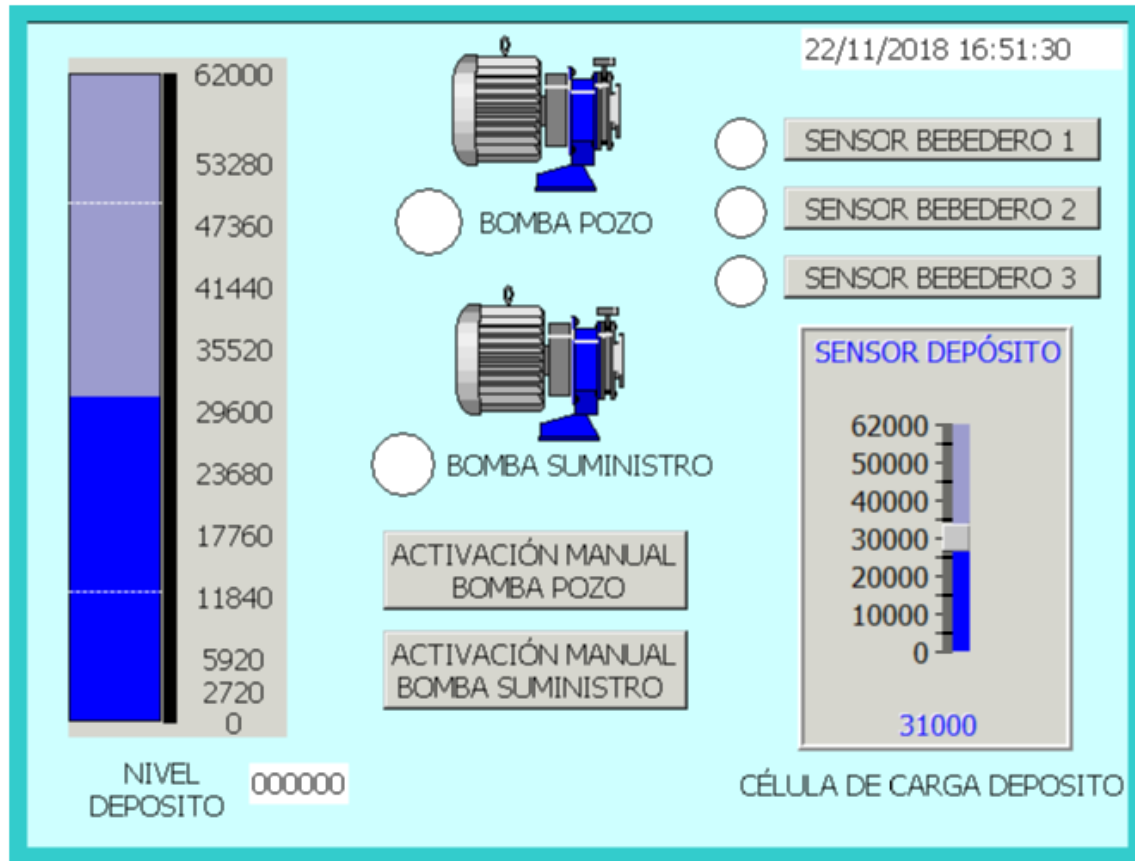
### **PANTALLA GENERAL**



*Ilustración 90 Scada Pantalla general*

En esta imagen del Scada se muestra un estado global de la granja, en la cual se puede observar el nivel del depósito y de los silos, y el estado de los sensores, bombas, motores y ventiladores de la granja.

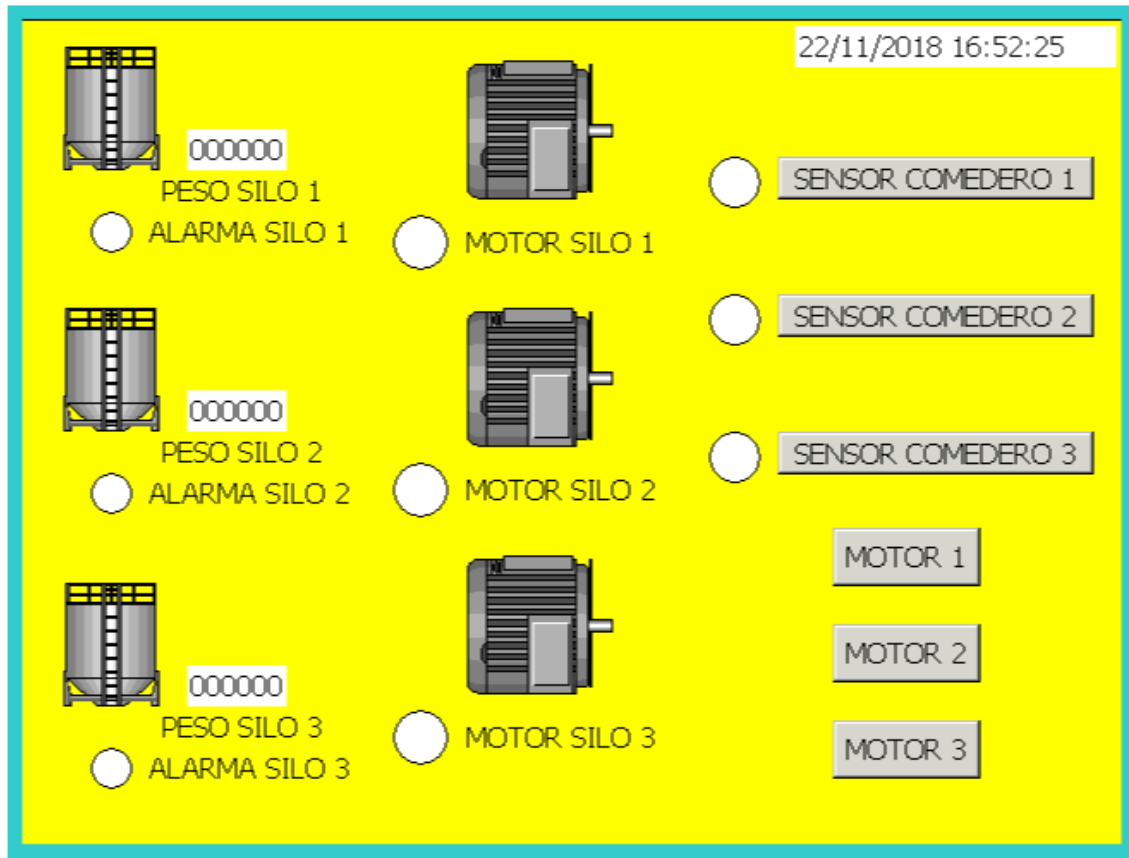
### SISTEMA ABASTECIMIENTO DE AGUA



*Ilustración 91 Scada Suministro agua*

En esta imagen del Scada se muestra el sistema de suministro de agua de la granja, el cual nos informa a tiempo real del estado de las dos bombas de agua, los sensores, el nivel de agua del depósito, además tiene la posibilidad de accionar manualmente las dos bombas de agua, por posibles fallos en el sistema automático.

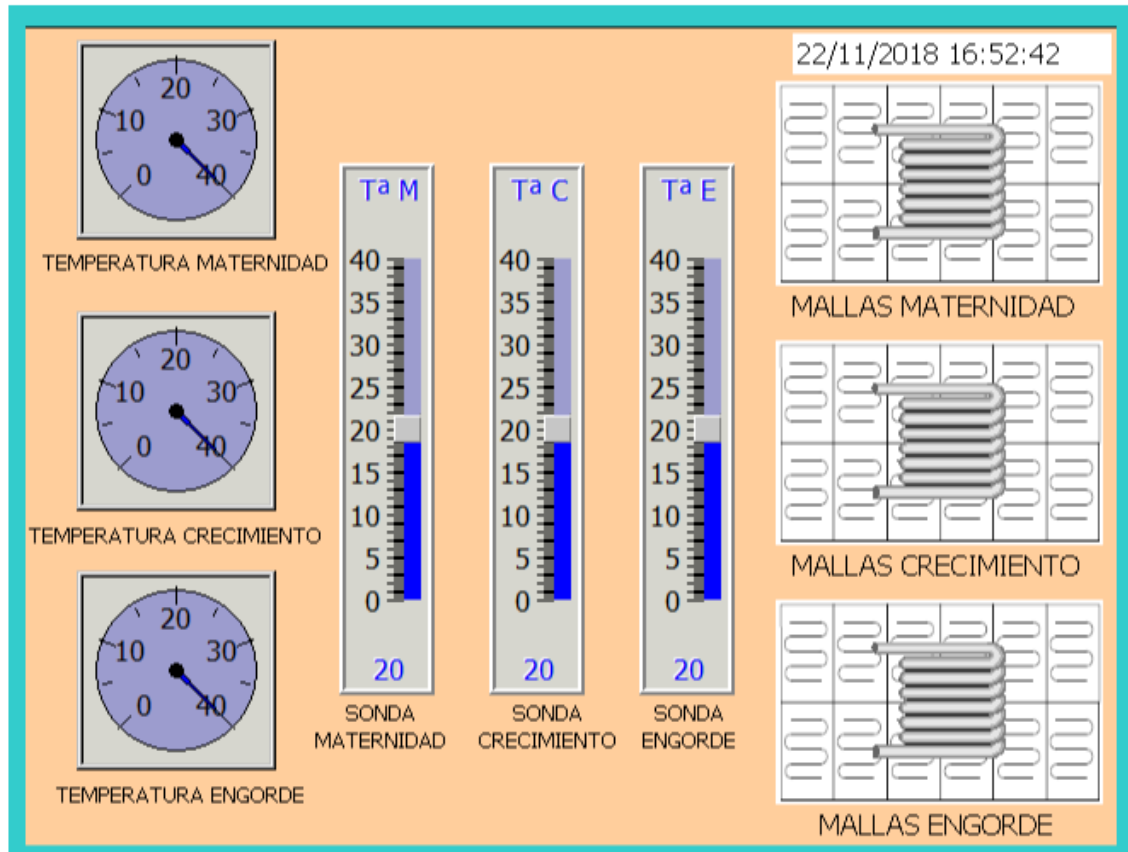
### **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**



*Ilustración 92 Scada Sistema alimentación*

En esta imagen del Scada se muestra el sistema de alimentación de la granja, el cual nos informa a tiempo real del estado de los motores, los sensores, el nivel de los silos, sus respectivas alarmas y además al igual que el sistema de agua tiene la posibilidad de accionar manualmente tres botones, los cuales activaran los motores por posibles fallos en el sistema automático.

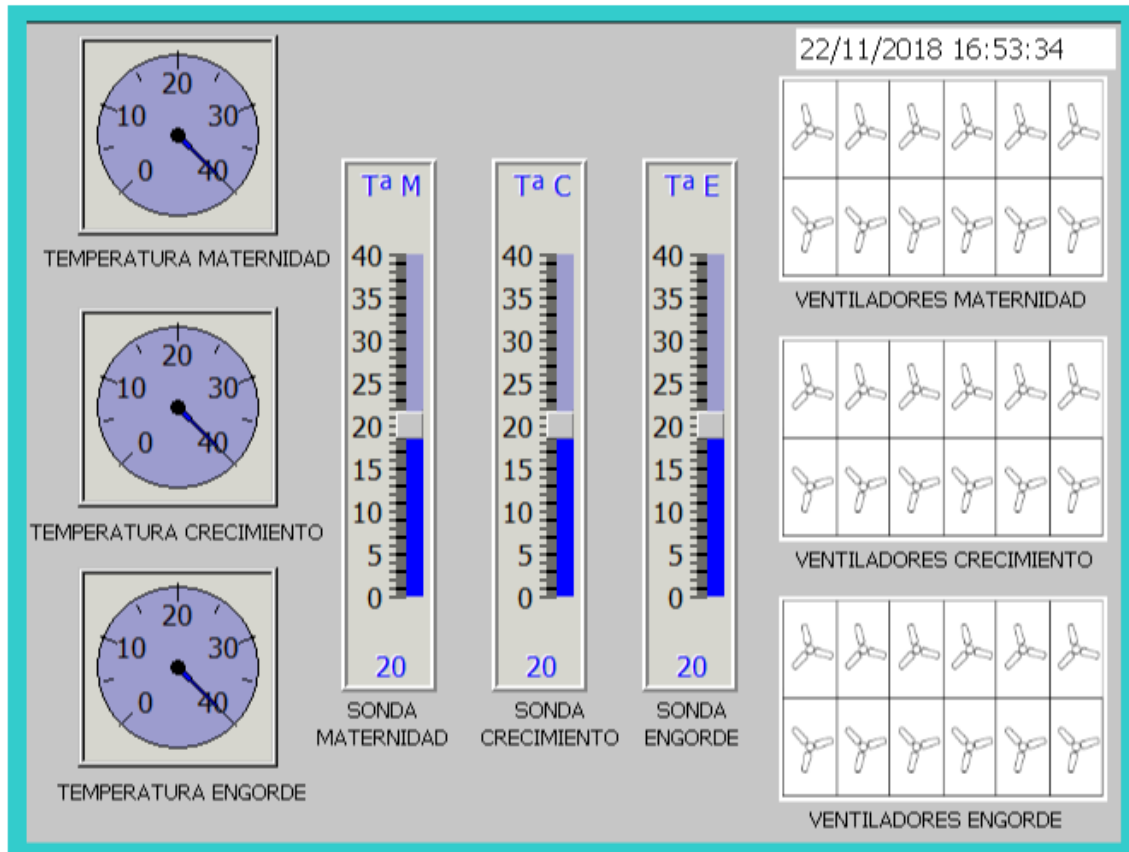
## SISTEMA DE CALEFACCIÓN



*Ilustración 93 Scada Sistema de calefacción*

En esta imagen del Scada se muestra el sistema de calefacción de la granja, el cual nos informa a tiempo real de la temperatura de las tres naves de la granja y del estado de las mallas.

### **SISTEMA DE VENTILACIÓN**



*Ilustración 94 Scada Sistema de ventilación*

En esta imagen del Scada se muestra el sistema de ventilación de la granja, el cual es muy similar al sistema de calefacción, ya que usan las mismas sondas para medir la temperatura y así poder activar y desactivar los ventiladores de las naves según sea conveniente.



### *6.5.4. Implementación del programa*

El programa se va a dividir en 5 partes, que serán el OB1 y las funciones FC1, FC2, FC3 y FC4.

“Ver ilustración 74”.

El OB1 es la parte principal del programa, en ella se programan las setas de emergencia (“PARO EMERGENCIA”) y las llamadas a las funciones (“FC”) donde se encuentra la programación de todos los sistemas de la granja.

Este bloque llama a todas las funciones FC si todas las setas de emergencia están sin activar, es decir, cuando una seta de emergencia se active, el programa dejara de enviar y recibir información de las funciones FC y por lo tanto todos los sistemas se pararán automáticamente.

En la FC1 se programa el sistema de abastecimiento de agua, el cual controla la bomba del pozo, la bomba de suministro, el nivel de agua del depósito general y detecta si se necesita agua en los bebederos.

Esta función tiene como parámetros activar la bomba del pozo si el deposito se encuentra por debajo de 10000 litros y desactivarla cuando el deposito llegue a los 62000 litros, por otro lado, se ha programado un temporizador para que cuando un sensor LMT 100 detecte que no queda agua en los bebederos active la bomba de suministró durante 10 segundos y posteriormente a los 10 segundos se desactive.

Se ha decidido asignarle un tiempo a la activación de la bomba por precaución, ya que si un sensor LMT 100 se quedara dando señal continuamente la bomba de suministro no pararía de bombear agua, pudiendo producir así un reventón en la tubería o un mal funcionamiento de ella misma.

En la FC2 se programa el sistema de abastecimiento de alimentación, el cual controla el peso de los silos, los motores reductores, y detecta si se necesita alimento en los comederos.

Esta función tiene como parámetros activar una alarma situada en el Scada si los silos se encuentran por debajo de un nivel mínimo establecido.

Para el silo 1 el nivel es de 500 Kg, para el silo 2 el nivel es de 1000 Kg y para el silo 3 el nivel es de 1500 Kg.

Por otro lado, esta función controla el estado de los comederos, es decir, si la foto célula detecta que el comedero no tiene alimento activara durante 10 segundos el motor reductor del silo.

## Desarrollo

Al igual que en la función FC1, se ha decidido asignarle un tiempo a la activación de los motores reductores por precaución, ya que si una foto célula se quedara dando señal continuamente los motores reductores no pararían de abastecer de alimento a los comederos, pudiendo producir así un reventón en la tubería o un mal funcionamiento de ella misma.

En la FC3 se programa el sistema de calefacción, el cual controla la activación y desactivación de las mallas para obtener la temperatura adecuada de las tres naves.

Esta función tiene como parámetro activar y desactivar las mallas mediante un ciclo de histéresis, el cual será diferente para cada nave.

En la nave de maternidad se realiza el ciclo de histéresis entre los 22°C y 25 °C, es decir, cuando la temperatura esté por debajo de los 22°C se activarán las mallas de maternidad y cuando se supere la temperatura de 25°C las mallas se desactivarán; para la nave de crecimiento el ciclo de histéresis será de 20 a 22°C y para la nave de engorde el ciclo de histéresis será de 15°C a 18°C.

En la FC4 se programa el sistema de ventilación, el cual controla la activación y desactivación de los ventiladores para obtener la temperatura adecuada de las tres naves.

Esta función tiene como parámetro activar y desactivar los ventiladores mediante un ciclo de histéresis, el cual será diferente para cada nave.

Al igual que en la FC3 los ciclos de histéresis serán iguales, con la diferencia de que en vez de activar y desactivar las mallas se activarán y se desactivarán los ventiladores según las necesidades de temperatura de cada nave.

Se ha decido programar de esta manera, porque si en un futuro se desea introducir una nueva área en el proyecto o modificar una parte del proyecto se pueda realizar de una manera muy sencilla, tan solo accediendo a la "FC" que se desee modificar o creando una nueva "FC" y añadiéndola al bloque principal "OB1".

En Anexo 4. (Configuración del programa Step 7 y WinCC flexible), se explica paso a paso la implementación del programa.

### 6.5.5. Prueba automatización Scada

Se ha realizado una prueba de la automatización del proyecto.

Esta prueba simulara el proyecto de una manera ideal.

La prueba se simulará con el autómata elegido (S7 300 CPU 314 C-2 DP/PN), pero sin la pantalla táctil de 12,1" ni las estaciones es de trabajo ET 300 S, ya que no dispongo de ellas.

Como no se dispone de una pantalla física el Scada se simulará desde el WinCC flexible mediante una pantalla virtual Touch de 10".

Además, las imágenes del Scada se modificarán para que la simulación se pueda llevar a cabo, activando los sensores a mano desde las imágenes del Scada.

A continuación, se muestran las imágenes del scada:

Pantalla general:

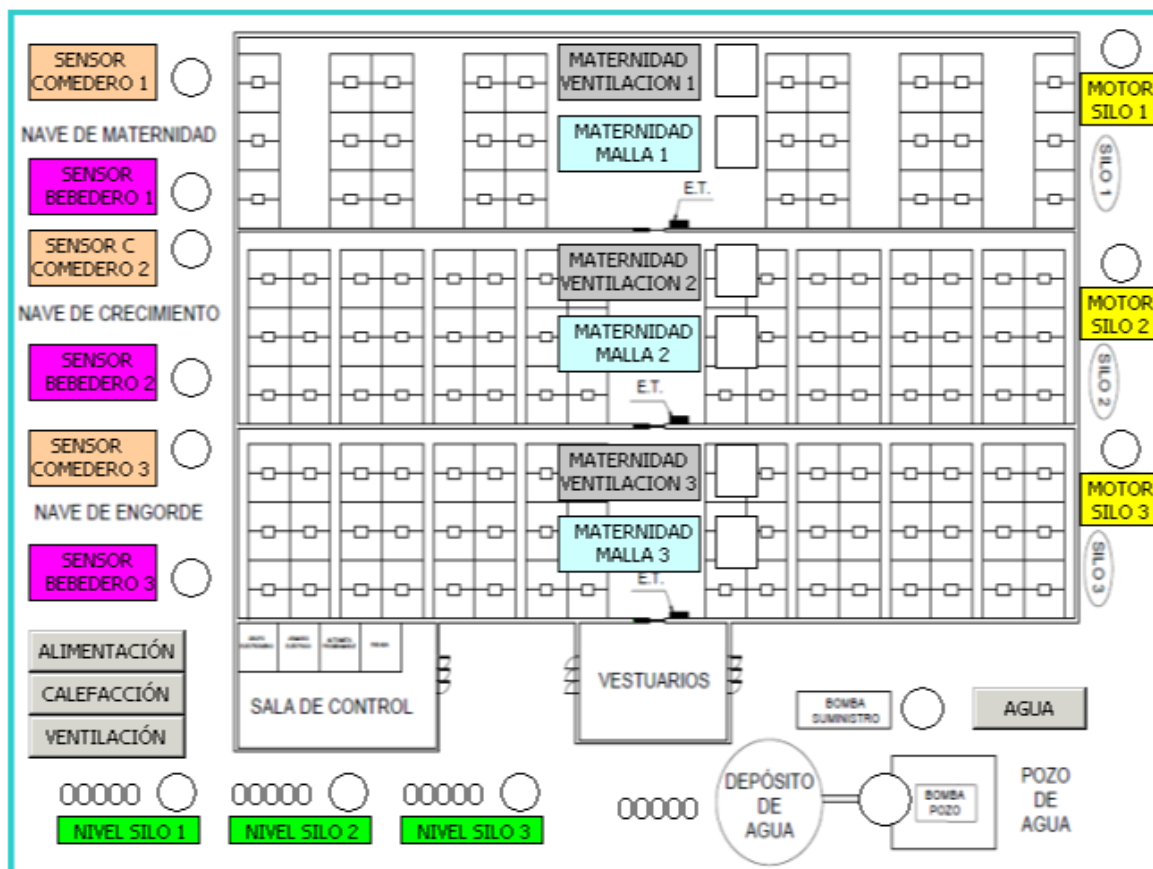


Ilustración 95 Prueba Scada pantalla general

Desarrollo

En la pantalla general se observa el estado actual de todos los sensores, es decir muestra una imagen general de cómo se encuentra la granja, además se puede acceder a los diferentes sistemas con los botones de alimentación, ventilación, calefacción y agua.

Sistema de agua:

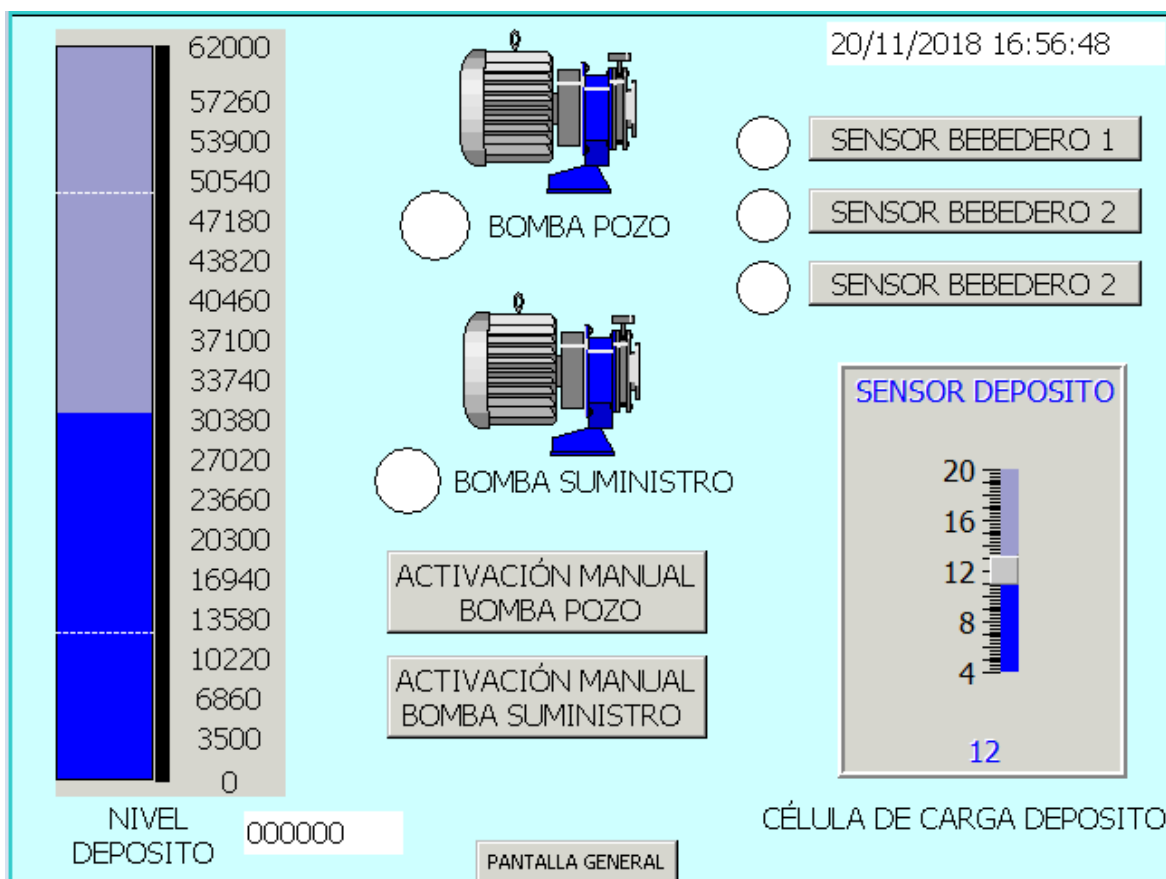


Ilustración 96 Prueba Scada sistema agua

En el Scada del sistema de agua se puede observar las dos bombas (bomba de pozo y la bomba del suministró), los sensores de los bebederos (uno colocado en cada nave), el nivel del depósito, la célula de carga del depósito y el botón para volver a la pantalla general.

La célula de carga fluctúa entre los valores de 4 mA y 20 mA, por lo tanto, cuando la célula se encuentre en 4 mA el nivel del depósito estará a 0, mientras que si se encuentra a 20 mA el depósito estará completamente lleno.

Mientras que los sensores de los bebederos aportan una señal digital, la cual informa si el bebedero dispone o no de agua para el porcino.

El funcionamiento del sistema de agua es el siguiente: el sistema se ha programado para que cuando la célula de carga detecte que el deposito contiene menos de 10000 litros se encienda el motor del pozo y llene el deposito hasta los 60000 litros que es cuando dejara de actuar el motor del pozo.

Por otro lado, cuando los sensores de los bebederos detecten que no se dispone de agua en el bebedero, se activara la bomba de suministro durante 10 segundos, para abastecer de agua a los porcinos.

Se ha programado un temporizador de 10 segundos por posibles fallos en los sensores, ya que si un sensor falla y se queda continuamente activado la bomba de agua solo bombeara agua durante 10 segundos.

Sistema de alimentación:

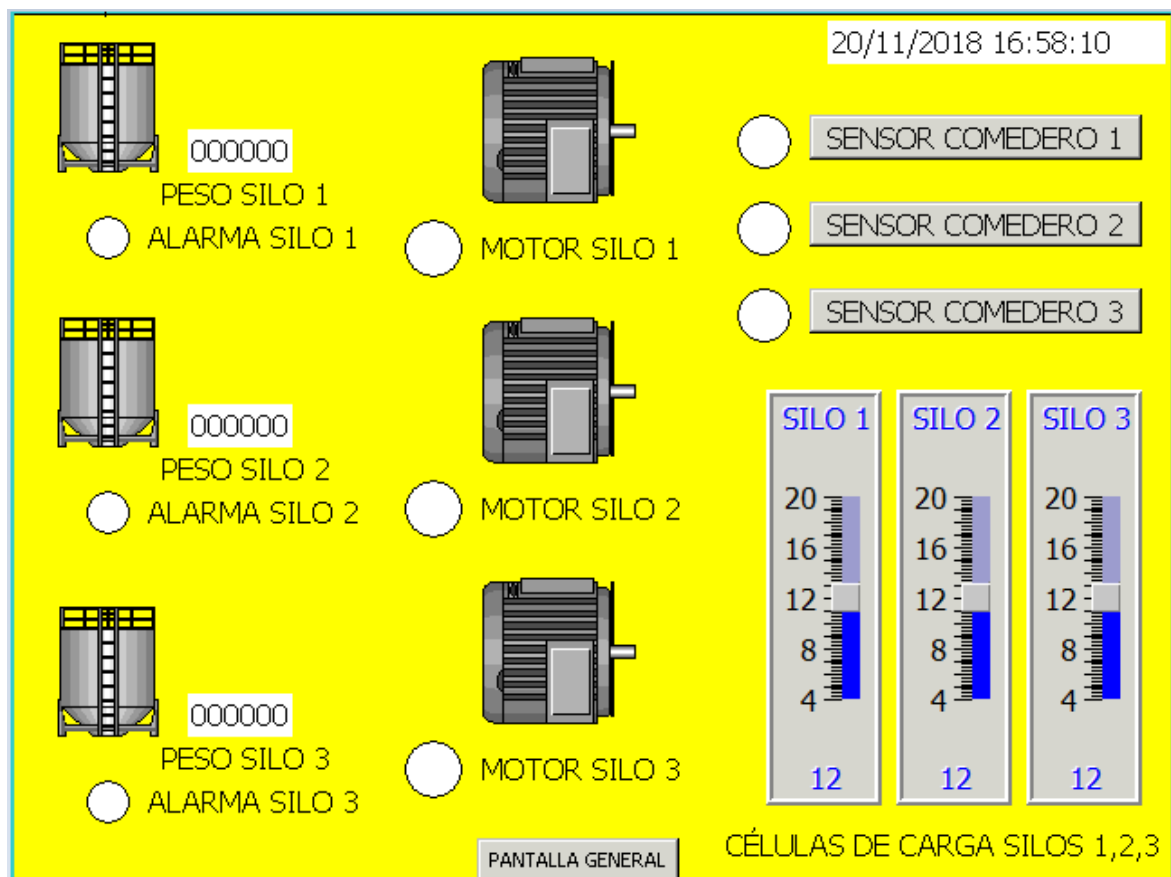


Ilustración 97 Prueba Scada sistema alimentación

## Desarrollo

En el Scada del sistema de alimentación se puede observar los tres motores reductores (colocado uno en cada silo), los sensores de los comederos (colocado uno en cada nave), el nivel de los tres silos, las alarmas de los silos, las células de carga de los tres silos y el botón para volver a la pantalla general.

Las células de carga al igual que en el sistema de agua fluctúan entre los valores de 4 mA y 20 mA, por lo tanto, cuando la célula de cualquier de los tres silos se encuentre en 4 mA el nivel del silo estará a 0, mientras que si se encuentra a 20 mA el nivel del silo estará completamente lleno.

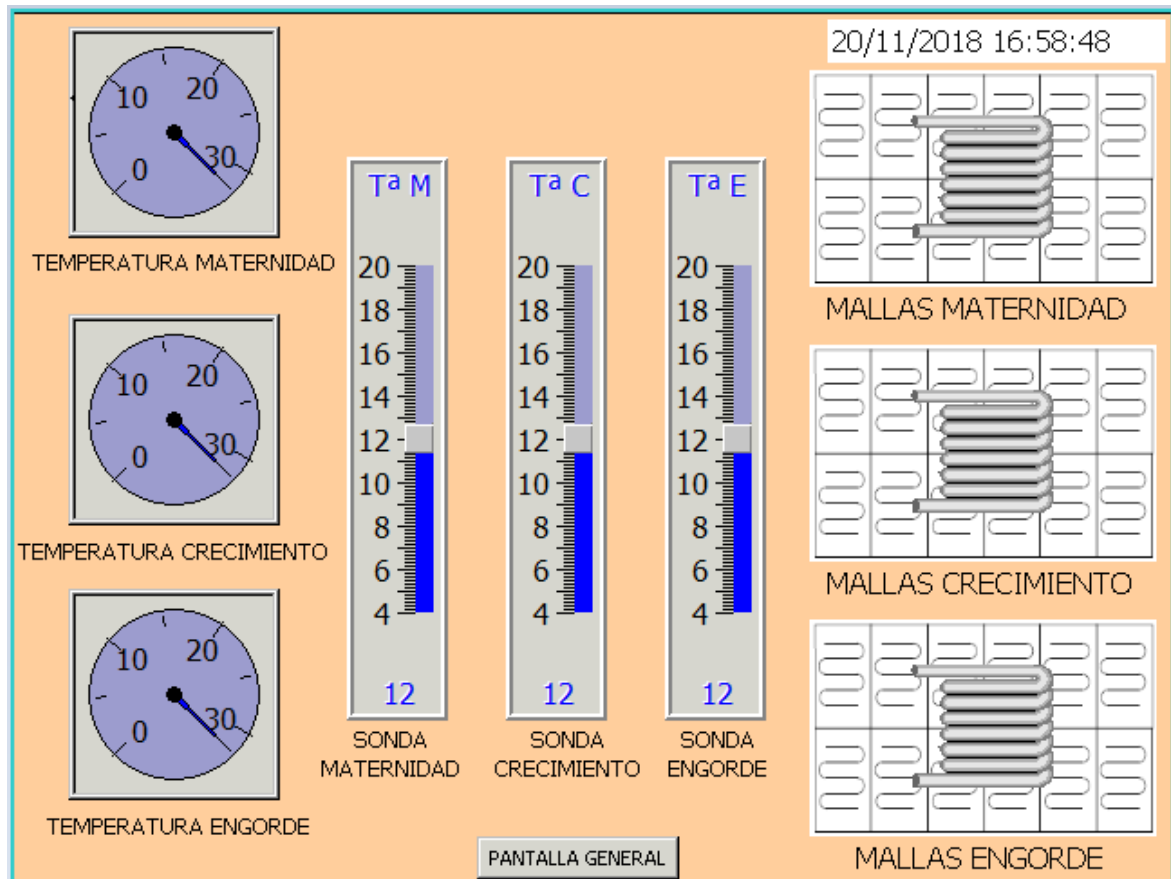
Mientras que los sensores de los comederos al igual que en el sistema de agua aportan una señal digital, la cual informa si el comedero dispone o no de alimento para el porcino.

El funcionamiento del sistema de alimentación es el siguiente: el sistema se ha programado para que cuando la célula de carga del silo uno detecte que el silo uno contiene menos de 500 kilogramos de alimento se encienda la alarma del silo uno informando de la situación, mientras que para el silo dos la alarma se activara por debajo de los 1000 kilogramos y para el silo tres la alarma se activara por debajo de los 1500 kilogramos.

Por otro lado, cuando los sensores de los comederos detecten que no se dispone de alimento en los comederos, se activaran los motores reductores durante 10 segundos, para abastecer de alimento a los porcinos.

Al igual que en el sistema de agua, se ha programado un temporizador de 10 segundos por posibles fallos en los sensores, ya que si un sensor falla y se queda continuamente activado el motor solo enviará alimento durante 10 segundos.

Sistema de calefacción:



*Ilustración 98 Prueba Scada sistema calefacción*

En el Scada del sistema de calefacción se puede observar las tres sondas de temperatura (colocada una en cada nave), el estado de las mallas, la temperatura de cada nave y el botón para volver a la pantalla general.

Las sondas de temperatura al igual que en los sistemas anteriores fluctúan entre los valores de 4 mA y 20 mA, por lo tanto, cuando la sonda de cualquier de las tres naves se encuentre en 4 mA la temperatura de la nave será de 0°C, mientras que si se encuentra a 20 mA la temperatura de la nave será de 32°C

Se ha decidido este rango de temperatura de 0°C a 32°C para visualizar el ciclo de histéresis que se ha programado.

La histéresis en la nave de maternidad fluctuara entre 22°C y 25°C, en la nave de crecimiento la fluctuación es de 18°C a 20°C y en la nave de engorde la fluctuación es de 15°C a 17°C.

Desarrollo

El funcionamiento del sistema de alimentación es el siguiente: en la nave de maternidad si la temperatura se encuentra por debajo de los 22°C las mallas calefactoras se activarán llegando a la temperatura de 25°C que es cuando se desactivaran, para que las mallas vuelvan a activarse la temperatura deberá volver a estar por debajo de los 22°C.

Para las demás naves el ciclo de histéresis será el mismo que en la nave de maternidad, con la diferencia de que en la nave de crecimiento la temperatura variará entre los valores de 18°C a 20°C y en la nave de engorde la temperatura variará entre los valores de 15°C a 17°C.

El sistema de calefacción es utilizado en épocas de frío.

Sistema de ventilación:

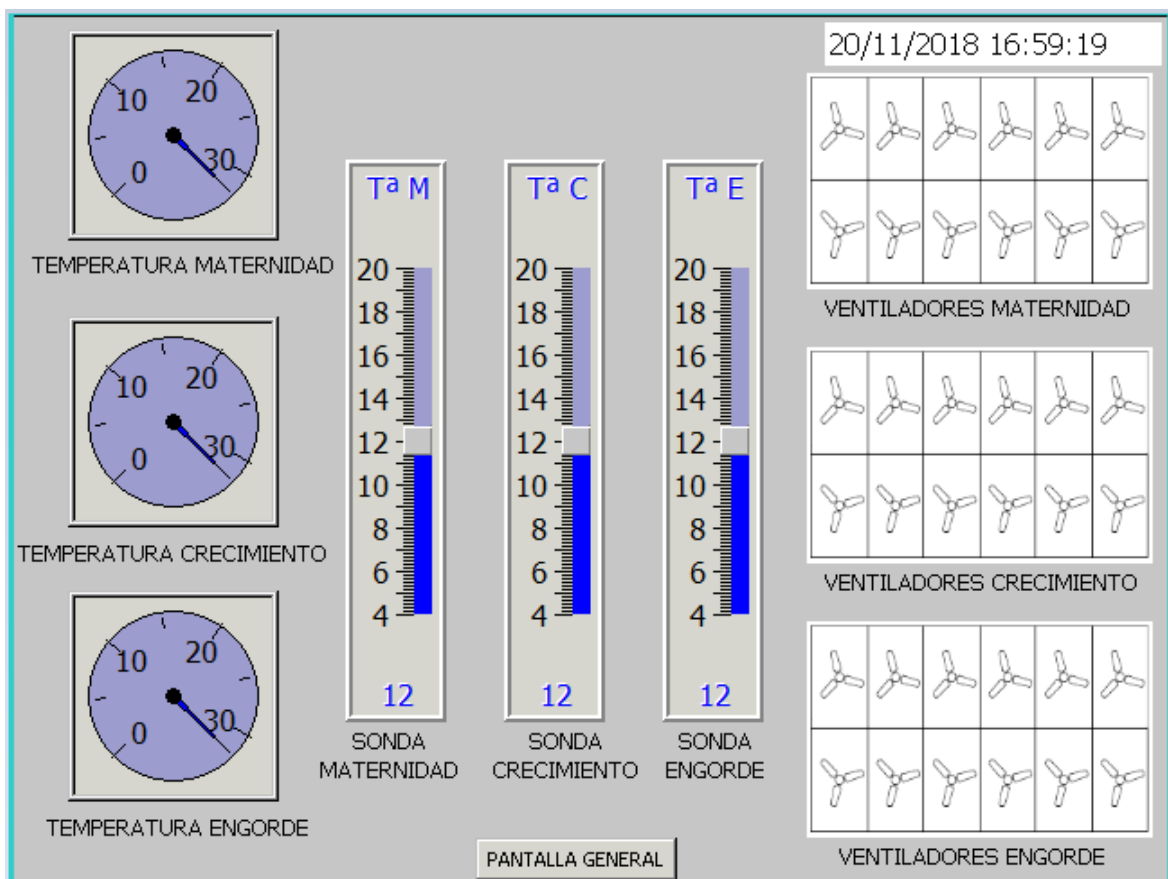


Ilustración 99 Prueba Scada sistema ventilación

El Scada del sistema de ventilación es muy parecido al del sistema de calefacción ya que se usan las mismas sondas de temperatura y por consiguiente nos muestran la



misma temperatura en las tres naves los dos sistemas, además el ciclo de histéresis contiene los mismos valores nombrados anteriormente en el sistema de calefacción.

La diferencia con el sistema de calefacción es que este sistema activa los ventiladores cuando se sobrepasa la temperatura marcada en la histéresis de cada nave y se desactivan los ventiladores cuando la temperatura de la nave está por debajo del valor de la histéresis.

El sistema de ventilación es utilizado en épocas de calor.

## 7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Al analizar la situación inicial de la granja porcina, objeto del presente proyecto, se observó que ninguno de los sistemas de la misma se encontraban automatizados. Esto ocasionaba que la instalación funcionase de forma muy rudimentaria y que se generaran graves problemas de rendimiento.

Para solucionar este problema se planteó que las instalaciones de agua, calefacción, ventilación y alimentación fueran totalmente automatizadas, para así reducir la mano de obra y mejorar los rendimientos y la calidad del producto final.

El primer objetivo planteado consistió en la automatización del sistema de distribución de agua. Para ello fue necesario calcular las bombas utilizadas, el consumo diario de agua de los porcinos y el tamaño del depósito. Además, se plantearon soluciones como la colocación de los sensores y la distribución de las tuberías.

El segundo objetivo consistió en la automatización del sistema de alimentación. Para ello fue necesario calcular el consumo de alimento diario de los porcinos y el tamaño de los silos. Además, se plantearon soluciones como la colocación de los sensores y la distribución de las tuberías.

El tercer objetivo planteado consistió en la automatización del sistema de calefacción. Para ello fue necesario calcular el área necesaria para el correcto desarrollo de un porcino y conocer la temperatura óptima en las etapas de la vida de un porcino.

El cuarto objetivo planteado consistió en la automatización del sistema de ventilación. Para ello fue necesario conocer la temperatura óptima en las etapas de la vida de un porcino.

El quinto objetivo era realizar una comunicación vía profibus del autómatas, la pantalla táctil HMI y todas las estaciones de trabajo, para controlar todos los parámetros de la instalación mediante una única red y utilizar solo un cable de conexión.

La automatización de todos estos sistemas se ha realizado con los softwares Step-7 y WinCC Flexible. En ellos se ha conseguido programar y visualizar todos los sistemas de control de la granja porcina desde un ordenador central.

También, se ha realizado una simulación, en la cual se ha podido comprobar el correcto funcionamiento de todos los sistemas propuestos.

Cabe mencionar como posibles líneas futuras de trabajo que consistirían en:

- Implementar un sistema de humedad para un mayor confort del porcino.
- Instalar un sistema de placas fotovoltaicas para una reducción del gasto de la electricidad.
- La utilización del software Tia portal, ya que el autómata "CPU 315 C 2 PN/DP" y las estaciones de trabajo "ETs 200 S" elegidas en este trabajo abren la posibilidad de trabajar con el software "Tia portal" en vez de con el software "Step 7".

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Acomee. (s. f.). Célula de carga Siemens 7MH5113. Recuperado 2 de noviembre de 2018, de <http://acomee.com.mx/articulo.php?search=7MH5113-3PD00&id=SIEMENS&pro=7MH5113-3PD00>

Alibaba. (s. f.). Tubería con espiral interior. Recuperado 14 de noviembre de 2018, de [//www.alibaba.com/product-detail/Goldenest-China-factory-flex-screw-auger\\_60499805234.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Goldenest-China-factory-flex-screw-auger_60499805234.html)

Amazon. (s. f.). Fotocélula Reflectiva Universal. Recuperado 22 de noviembre de 2018, de [https://www.amazon.es/Fotoc%C3%A9lula-Reflectiva-Universal-Puertas-Sistema/dp/B07CLMBCTR/ref=asc\\_df\\_B07CLMBCTR/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=199024814804&hvpos=1o1&hvnetw=g&hvrnd=5950685740085232445&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=20300&hvtargid=pla-649799064672&psc=1](https://www.amazon.es/Fotoc%C3%A9lula-Reflectiva-Universal-Puertas-Sistema/dp/B07CLMBCTR/ref=asc_df_B07CLMBCTR/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=199024814804&hvpos=1o1&hvnetw=g&hvrnd=5950685740085232445&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=20300&hvtargid=pla-649799064672&psc=1)

Bjarne K. Perderson. (2005). Sistemas de ventilación. Recuperado de [https://www.3tres3.com/articulos/sistemas-de-ventilacion\\_1387/](https://www.3tres3.com/articulos/sistemas-de-ventilacion_1387/)

Bricomart. (s. f.). TUBO PVC PRESIÓN Ø 25 MM 16 ATM 2.5 M | El almacén de la construcción y la reforma. Recuperado 18 de septiembre de 2018, de <https://www.bricomart.es/tubo-pvc-presion-o-25-mm-16-atm-2-5-m.html>

Calculadora caudal de tuberías. (s. f.). Recuperado 3 de noviembre de 2018, de <http://www.lotusmallorca.com/aplicaciones2.htm>

Comercialarpe. (s. f.). Sensor de temperatura QAM2171.040 - Comercial Arpe. Recuperado 6 de octubre de 2018, de <http://www.comercialarpe.es/conducto/118-qam2171040.html>

Diseño óptimo de una granja porcina. (s. f.). Recuperado de <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/Diseno%20optimo%20de%20una%20granja%20porcina.pdf>

Ducasa MDC. (s. f.). Malla calefactora (150W/m<sup>2</sup> a 230V). Recuperado 17 de noviembre de 2018, de <https://calientatuhogar.com/suelo-radiante/295-malla-calefactora-ducasa-mdc.html>

Duilio. (2015, febrero 20). ¿Qué es un PLC y para qué sirve? Recuperado 25 de noviembre de 2018, de <https://intrave.wordpress.com/2015/02/20/para-que-sirve-un-plc/>

Electrobombas.es. (s. f.-a). Bomba pozo 1,5cv, 220V, (Ref:663372). Recuperado 3 de noviembre de 2018, de <https://www.electrobombas.es/bombas-de-agua-para-pozos/663372-bomba-de-4-pulgadas-gcm-f-29-40.html>

Electrobombas.es. (s. f.-b). Bomba suministro 0,75cv, 220V, (Ref:663367). Recuperado 3 de noviembre de 2018, de <https://www.electrobombas.es/bombas-de-agua-para-pozos/663367-bomba-de-4-pulgadas-gcm-f-19-25.html>

Emilio, M. B. (s. f.). Manejo y gestión de maternidades porcinas I: El parto. Recuperado de <http://razasporcinas.com/pigmarket/producto/manejo-y-gestion-de-maternidades-porcinas-i-el-parto/>

GROWKET. (s. f.). Sistemas de alimentación y agua porcino (Comederos y tolvas). Recuperado 17 de julio de 2018, de <https://growket.com/sistemas-de-alimentacion-porcino/>

Hidromaronline, S. (s. f.-a). Codo pvc 90° 25 mm. Recuperado 18 de septiembre de 2018, de [https://hidromaronline.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=300019&Itemid=180&idart=0501025](https://hidromaronline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=300019&Itemid=180&idart=0501025)

---

Bibliografía

Hidromaronline, S. (s. f.-b). Válvula de retención, 25 mm, PVC. Recuperado 18 de septiembre de 2018, de [https://hidromaronline.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=300019&Itemid=180&idart=0567025](https://hidromaronline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=300019&Itemid=180&idart=0567025)

Ifm. (s. f.). Sensor de agua LMT100. Recuperado 27 de octubre de 2018, de <https://www.ifm.com/es/es/product/lmt100>

Incibe-cert\_. (2017, febrero 16). Que es una red profinet ? Recuperado 25 de noviembre de 2018, de <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>

Monografias.com, L. G. G. T. (s. f.). Que es una estaciones de trabajo ? Recuperado 25 de noviembre de 2018, de <https://www.monografias.com/trabajos41/estaciones-de-trabajo/estaciones-de-trabajo.shtml#quees>

Patec. (s. f.-a). Imagen sistema alimentación granja porcina. Recuperado 26 de abril de 2018, de [https://www.google.es/search?q=sistema+alimentacion+granja+porcina&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwim0LCD4dfaAhXQZpoKHcF1DZ0Q\\_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgdii=O-fe2p6x\\_w6FgM:&imgsrc=X79pVG8vUkcKgM:](https://www.google.es/search?q=sistema+alimentacion+granja+porcina&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwim0LCD4dfaAhXQZpoKHcF1DZ0Q_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgdii=O-fe2p6x_w6FgM:&imgsrc=X79pVG8vUkcKgM:)

Patec. (s. f.-b). Información sistema agua, alimentación y ventilación. Granjas de cerdos desde 26 €/m<sup>2</sup>, granja de cerdos, cría de cerdos. Recuperado 22 de noviembre de 2018, de <https://www.patec.org/granjas-de-cerdos.php>

Perdidas de carga en tubería de PVC. (s. f.). Recuperado de <http://www.gruposdepresion.info/documents/perdidas-de-carga-en-tuberia-pcv-pe-gal.pdf>

- Plc-city. (s. f.). Simatic ET 200 S. Recuperado 30 de octubre de 2018, de [https://www.plc-city.com/shop/es/siemens-distributed-i-o-simatic-et-200s/6es7151-1aa05-0ab0-nfs.html?gmc\\_currency=1&gclid=Cj0KCOjwguDeBRDCARIsAGxuU8ZjnklocX5ai6pIB1mNslW1kTuejG3uoGvUadAKJJriNA51Suz98aAmkNEALw\\_wcB](https://www.plc-city.com/shop/es/siemens-distributed-i-o-simatic-et-200s/6es7151-1aa05-0ab0-nfs.html?gmc_currency=1&gclid=Cj0KCOjwguDeBRDCARIsAGxuU8ZjnklocX5ai6pIB1mNslW1kTuejG3uoGvUadAKJJriNA51Suz98aAmkNEALw_wcB)
- proyectos jns soft. (s. f.). Automatización centralizada de una granja de cerdos. Recuperado 8 de febrero de 2018, de <http://www.jnsoft.net/automatizacion-centralizada-una-granja-cerdos>
- RS Components. (s. f.-a). Caja de conexiones ABB 1SL0856A00, Termoplástico, Gris, 220mm, 170mm, 80mm, 220 x 170 x 80mm, IP65 | RS Components. Recuperado 19 de septiembre de 2018, de <https://es.rs-online.com/web/p/cajas-de-conexiones/0455071/>
- RS Components. (s. f.-b). Pantalla táctil HMI, Siemens, 12,1 pulg., TFT, Color, 1280 x 800pixels, 241 x 330 x 70,5 mm. Recuperado 28 de mayo de 2018, de <https://es.rs-online.com/web/p/displays-hmi-de-pantalla-tactil/7466463/>
- RS Components. (s. f.-c). PLC Siemens S7-300, CPU 314C-2 PN/DP | RS Components. Recuperado 6 de octubre de 2018, de <https://es.rs-online.com/web/p/cpus-para-automatas-programables/7877992/>
- RS Components. (s. f.-d). Relé de tensión, bobina de 24 V, tensión de conmutación 400 V. Recuperado 2 de noviembre de 2018, de <https://es.rs-online.com/web/p/reles-de-impulso/3051433/>
- Siemens. (2012). Tipos de estaciones de trabajo Siemens, 60.
- SMAR. (s. f.). Qué es una red profibus? Recuperado 25 de noviembre de 2018, de <http://www.smar.com/espanol/profibus>
- Standard Exchange Industry. (s. f.). Fuente de alimentación 6ES7307-1EA00-0AA0 | SIEMENS. Recuperado 6 de octubre de 2018, de <http://www.standard->

Bibliografía

[exchange-industry.com/fr/Automates/alimentations/617-6es7307-1ea00-0aa0-alimentation-siemens.html?qclid=Cj0KCQjwuuHdBRCvARIsAELQRQgt1E-bvRCcIBzoDni-9iZcEO3z8Hv0syXuXzq3pB1MG31uXM7CzIaAujrEALw\\_wcB](https://exchange-industry.com/fr/Automates/alimentations/617-6es7307-1ea00-0aa0-alimentation-siemens.html?qclid=Cj0KCQjwuuHdBRCvARIsAELQRQgt1E-bvRCcIBzoDni-9iZcEO3z8Hv0syXuXzq3pB1MG31uXM7CzIaAujrEALw_wcB)

TIENDA GANADERA. (s. f.-a). Chimenea 400. Recuperado 20 de noviembre de 2018, de <https://tiendaganadera.com/chimenea-400/>

TIENDA GANADERA. (s. f.-b). Depósito de agua. Recuperado 25 de octubre de 2018, de <https://tiendaganadera.com/CHAPAS-PARA-DEPOSITO-GRAN-CAPACIDAD/>

TIENDA GANADERA. (s. f.-c). Silo metálico 7.080 Kg. Recuperado 11 de noviembre de 2018, de <https://tiendaganadera.com/silos-para-pienso/>

TIENDA GANADERA. (s. f.-d). Silo metálico 10.830 Kg. Recuperado 11 de noviembre de 2018, de <https://tiendaganadera.com/SILO-METALICO-CHAPA-ONDULADA-10.830-Kg./>

TIENDA GANADERA. (s. f.-e). Silo metálico 18.330 Kg. Recuperado 11 de noviembre de 2018, de <https://tiendaganadera.com/SILO-METALICO-CHAPA-ONDULADA-18.330-Kg./>

TIENDA GANADERA. (s. f.-f). Ventilador 3480 m<sup>3</sup>/h Favega. Recuperado 2 de noviembre de 2018, de <https://tiendaganadera.com/VENTILADOR-M400-3.480-m3-h-FAVEGA/>

Ventilatory system. (s. f.-a). Imagen sistema ventilación granja porcina 4 ventiladores.

Recuperado 12 de julio de 2018, de [https://www.google.es/search?q=sistema+alimentacion+granja+porcina&tbm=isch&tbs=rimg:CV-\\_1aVRvL1JHIjg7WD9FrSDMRdI7D1M2DmT27x61oBtBvweFH4k9G-prYIPRIE\\_1DpEhKDENjhb8TrWoz1n1qzGzE8ioSCTtYP0Wux0xFET7y7gR0P3D5KHJ0jsPUzYOZPYRxZcnSGj27I4qEgnvHrWgG0G\\_1BxFNctcO8nC7\\_1SoSCYUfiT0b6mtgETFesD2XIRekKhIJg9EgT8OkSEoRac1ezhT8GVEqEgkMQ2OFvxOtaHzyxvN](https://www.google.es/search?q=sistema+alimentacion+granja+porcina&tbm=isch&tbs=rimg:CV-_1aVRvL1JHIjg7WD9FrSDMRdI7D1M2DmT27x61oBtBvweFH4k9G-prYIPRIE_1DpEhKDENjhb8TrWoz1n1qzGzE8ioSCTtYP0Wux0xFET7y7gR0P3D5KHJ0jsPUzYOZPYRxZcnSGj27I4qEgnvHrWgG0G_1BxFNctcO8nC7_1SoSCYUfiT0b6mtgETFesD2XIRekKhIJg9EgT8OkSEoRac1ezhT8GVEqEgkMQ2OFvxOtaHzyxvN)



[dmw3jSoSCTPWfWrMbMTyEZz-](https://www.google.es/search?q=dmw3jSoSCTPWfWrMbMTyEZz-)

[PFUub3t8x&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjYn8KKs5ncAhVKbhQKHxuEAu8Q9C96B](https://www.google.es/search?q=PFUub3t8x&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjYn8KKs5ncAhVKbhQKHxuEAu8Q9C96B)

[AgBEBs&biw=1366&bih=662&dpr=1#imgrc=hR-JPRvqa2B9qM:](https://www.google.es/search?q=AgBEBs&biw=1366&bih=662&dpr=1#imgrc=hR-JPRvqa2B9qM:)

Ventilatory system. (s. f.-b). Imagen sistema ventilación granja porcina 8 ventiladores.

Recuperado 12 de julio de 2018, de

<https://www.google.es/search?q=sistema+alimentacion+granja+porcina&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjYn8KKs5ncAhVKbhQKHxuEAu8Q9C96B>  
[eeSbD8VzrjN4JyZcragspwLnvDx72FN1VcMZd29IyyoSCb5q76hGZnJkETFesD2XlRekKhIJLMOHyD\\_1GZQgRcKZwesnR\\_1CMqEgIH5kUHCRHmsBEBfCu8wnISmIoSCf555JsPxXOUERNqrpZXAHTXKhIJM3gnJlytqCwR-7AYIIp1AxUqEgmnAue8PHvYUxGrX-y5vwTt7SoSCXVWwxl3b0jLESI4TQQCHxs-&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjb24OMtZncAhVSrRQKHYZaAVkQ9C96BAgBEBs&biw=1366&bih=662&dpr=1#imgrc=vmrvqEZk0mTEwM:](https://www.google.es/search?q=eeSbD8VzrjN4JyZcragspwLnvDx72FN1VcMZd29IyyoSCb5q76hGZnJkETFesD2XlRekKhIJLMOHyD_1GZQgRcKZwesnR_1CMqEgIH5kUHCRHmsBEBfCu8wnISmIoSCf555JsPxXOUERNqrpZXAHTXKhIJM3gnJlytqCwR-7AYIIp1AxUqEgmnAue8PHvYUxGrX-y5vwTt7SoSCXVWwxl3b0jLESI4TQQCHxs-&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjb24OMtZncAhVSrRQKHYZaAVkQ9C96BAgBEBs&biw=1366&bih=662&dpr=1#imgrc=vmrvqEZk0mTEwM:)

Zuendo. (s. f.). Motorreductor monofásico 220V 1,1 KW I: 7,5. Recuperado 14 de noviembre de 2018, de <https://www.zuendo.com/373-vueltas-finales/2724-motorreductor-monofasico220v-11-kw-15-cv-i-75.html>





## Relación de documentos

<input checked="" type="checkbox"/> Memoria .....	129	páginas
<input type="checkbox"/> Anexos .....	92	páginas

La Almunia, a 28 de noviembre de 2018

Firmado: Juan José Horno Pérez