



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

**Diseño y automatización de fábrica de
piensos usando la mosca soldado negra**

Autor:

Castilla Marcos, Adrián

Tutor(es):

**Poncela Méndez, Alfonso Valentín
Ingeniería de Sistemas y
Automática**

Valladolid, Septiembre de 2020.



Diseño y automatización de fábrica de piensos usando la mosca soldado negra





Resumen

Este proyecto propone una alternativa novedosa a la producción de pienso, usando la mosca soldado negra (*hermetia illucens*). Se diseña un prototipo de fábrica la cual se abastece de materia de desecho de otros sectores como el ganadero, transformándolas en pienso y en compost.

Esta memoria es un resumen del diseño del proceso, la elección de los componentes, el conexionado de los equipos, la automatización del proceso usando un PLC S7-1200 y la programación de las rutinas con TIA Portal. Esta memoria comprende a su vez la realización de un manual de usuario para la utilización por parte de los operarios.

Por último consta un análisis de las principales repercusiones tanto sociales, como económicas y ambientales de la aplicación real de este proyecto.

Palabras clave: *Hermetia illucens*, desechos, sensor, componentes y TIA Portal

Abstract

This project suggest an original alternative for the production of fodder, using the black soldier fly (*hermetia illucens*). The project main idea is to design a prototype of factory which is provide by waste of another sectors like cattle industry, transforming it in fodder and organic fertiliser.

This work is a summary of the design of the process, the election of the components, the connection of the equipment, the automation of the process using a PLC S7-1200 and the programming of the routines with TIA Portal. This memory contain at the same time, the execution of a user manual in order to be used by the workers.

Finally is recorded an analysis of the main social, economic and environmental consequences of the real implementation of this project.

Keywords: *Hermetia Illucens*, waste, sensor, equipment and TIA Portal.





Índices

Contenido

Resumen.....	3
Abstract.....	3
Índices.....	5
Introducción y objetivos	9
Alcance.....	10
Desarrollo	11
Capítulo 1: Antecedentes.....	11
1.1 Actividades productoras de residuos aprovechables.....	13
1.2 Análisis de los productos generados	16
Capítulo 2: Diseño del proceso.....	20
2.1 Celdas de cría	21
2.2 Trituradora	28
2.3 Secadero.....	28
2.4 Transporte	29
2.5 Almacenaje	32
2.6 Envasado	32
Capítulo 3: Diseño de la automatización	33
3.1 Elección de equipos	33
3.2 Conexionado de los equipos	39
3.3 Elección del PLC.....	46
Capítulo 4: Programación	47
4.1 Tareas previas	49
4.2 Programación del main.....	51
4.3 Programación del modo Manual.....	52
4.4 Programación del modo Automático	55
Capítulo 5: Cálculos.....	62
5.1 Cálculo de los m ³ de alimento necesario para satisfacer la demanda de una celda de cría	62
5.2 Cálculo del número de rociadores en el interior de la celda	62



Capítulo 6: Manual de usuario	65
Capítulo 7: Presupuesto.....	69
Capítulo 8: Repercusiones.....	71
8.1 Ambientales.....	71
8.2 Sociales.....	73
8.3 Económicas	74
Conclusiones	75
Bibliografía.....	77
Planos	80
Anexos.....	
Anexo 1: Características técnicas sensor de temperatura.....	
Anexo 2: Características técnicas del sensor de humedad.....	
Anexo 3: Características técnicas de los relés utilizados.....	
Anexo 4: Características técnicas del sensor de distancia	
Anexo 5: Características técnicas de la válvula hidráulica.....	
Anexo 6: Características técnicas de la fuente de alimentación	
Anexo 7: Características del ventilador	
Anexo 8: Características de la bomba de aire.....	
Anexo 9: Características del ventilador interior	
Anexo 10: Características de los rociadores	
Anexo 11: Características del Calefactor.....	

Índice de Figuras

Figura 1: Producción de residuos por región	12
Figura 2: Composición de los residuos en Europa y Asia Central.....	13
Figura 3 Cantidad de excrementos por tipo de ganadería.....	14
Figura 4 Producción de residuos urbanos en Castilla y León en 2017	15
Figura 5 Análisis de diferentes alimentaciones de la mosca soldado negra ..	16
Figura 6 Comparación de elementos entre excrementos de cerdo y residuo de mosca soldado negra.....	18
Figura 7 Extractor de aire	26
Figura 8 Bomba de aire	26
Figura 9 Ventilador interior.....	26
Figura 10 Rociadores.....	27
Figura 11 Colocación de los rociadores en la celda de cría	27
Figura 12 Calefactor	27
Figura 13 Cinta transportadora de banda.....	31
Figura 14 Rampa industrial.....	31
Figura 15 Sensor de temperatura	34
Figura 16 Tabla de características del sensor de humedad.....	35
Figura 17 Sensor de proximidad.....	37
Figura 18 Fuente de alimentación.....	37
Figura 19 Seccionador.....	39
Figura 20 Magnetotérmico	39
Figura 21 Interruptor Diferencial	40
Figura 22 Guardamotor	40
Figura 23 Relé térmico	40
Figura 24 Tabla de componentes mostrados en el Plano 3.....	41
Figura 25 Tabla de componentes del plano 6	42
Figura 26 Tabla de contenido plano 7.....	43
Figura 27 Tabla de componentes del plano 8	44
Figura 28 Modelo de pantalla HMI	46
Figura 29 Esquema de programación	48
Figura 30 Tabla Entradas y Salidas del PLC	49
Figura 31 Tabla de variables estándar del PLC.....	50
Figura 32 Constantes de usuario del PLC.....	51
Figura 33 Llamada a la FB 'manual'	51
Figura 34 Llamada a la FB 'automático'	52
Figura 35 Programación cinta de alimentación modo manual	53
Figura 36 Programación de los rociadores modo manual.....	53
Figura 37 Programación de la trituradora, secadora y cinta almacén en modo manual.....	54
Figura 38 Programación de la ventilación en modo manual.....	54



Figura 39 Programación del calefactor manual	55
Figura 40 Bloque Calculate	56
Figura 41 Valores mínimos y máximos de los sensores	56
Figura 42 Escalado de los sensores	57
Figura 43 Programación de la temperatura automatizada	58
Figura 44 Programación del control de la humedad	59
Figura 45 Detalle de la tolva de pre-procesado	60
Figura 46 Programación de la tolva de pre-procesado	61
Figura 47 Cálculo del radio irrigado por un rociador	62
Figura 48 Cálculo de la distancia máxima entre 2 rociadores	63
Figura 49 Tabla costes de maquinaria	69
Figura 50 Tabla costes de automatización	70
Figura 51 Tabla costes de personal	70
Figura 52 Tabla costes totales	70



Introducción y objetivos

El objetivo del presente proyecto es el diseño y la automatización de un novedoso proceso de reciclaje de residuos y obtención de pienso y compost usando una especie de gusanos llamada gusanos fénix (*Hermetia Illucens*).

Este proyecto se dividirá en tres partes: diseño del proceso, elección de la maquinaria y automatización del proceso.

Este proyecto nace de la necesidad de reciclar de una forma rápida y económicamente rentable residuos ganaderos y de diferentes industrias alimentarias principalmente. Se pretende conseguir con la automatización aumentar la producción, reducir los costes en personal así como aumentar la seguridad de los trabajadores.



Alcance

Este proyecto pretende centrarse en la parte del diseño del proceso, la elección de la maquinaria, la automatización y la elección de los componentes para automatizar, limitando la profundidad en la que se tratarán otros aspectos tales como el emplazamiento, las medidas de cantidades, la obra civil, los balances económicos completos y la logística de adquisición de materias primas.

Se va a realizar un estudio completo del proceso, realizando un modelo con una sola celda de cría, fácilmente ampliable a las necesarias en caso de aplicación real de este proyecto.

Será objeto de estudio la elección de equipos, la automatización, la realización de un estudio de mercado así como las diferentes repercusiones sociales y medioambientales producidas por dicho proyecto.

Desarrollo

Capítulo 1: Antecedentes

En este capítulo se va a analizar la situación de la producción de residuos a nivel global para centrarse en los residuos que podrían ser de interés por constituir materias primas en este proyecto, además se va a analizar la situación de España en el uso y el consumo de diferentes tipos de piensos y se analizará la situación del mercado de los abonos orgánicos.

La generación de residuos es un producto normal del progreso de la civilización, este progreso tiene dos vertientes las cuales son causas de la generación de residuos: el crecimiento poblacional y el desarrollo económico.

La evolución de la población está siguiendo un crecimiento exponencial, según la ONU en 1990 en el mundo residía una población de 5.300 millones de personas, en 2015 alcanzamos la cifra de 7.300 millones y está previsto que la población mundial alcance los 8.500 millones en 2030, 9.700 millones en 2050 y 11.200 millones en 2100 (United Nations, 2019)

Al tener una relación de proporcionalidad directa podemos concluir que el aumento de la producción de residuos así como el consumo de materias primas también tiene y en el futuro tendrá un crecimiento exponencial. Este crecimiento puede llevarnos a una situación de colapso al no poder generar el suficiente alimento para toda la población o al no poder procesar la ingente cantidad de residuos que se proyecta que vamos a producir.

El segundo causante de la producción de residuos es el desarrollo económico mundial, el cual es muy desigual y habría que analizar región por región, para podernos hacer una idea podemos tomar como indicador el PIB mundial el cual se estima que seguirá creciendo aunque con una leve desaceleración: “Prevemos el crecimiento de la economía global anual en un promedio de 3,5% durante los próximos cuatro años hasta el 2020, desacelerando hasta 2,7% para 2021-2030, 2,5% para la siguiente década y 2,4% para 2041-2050.”(PWC, 2017, p.11)

La producción de residuos también tiene una relación de proporcionalidad directa con este indicador, por lo que aunque exista una desaceleración de la economía, esta seguirá en ascenso, lo que se traduce en un porcentaje mayor de residuos.

En la Figura 1 (Kaza, Yao, Bhada-Tata y Van Woerden, 2018) podemos ver la cantidad de residuos generada por cada región, al analizar la gráfica

concluimos que en todas las regiones la cantidad de recursos totales y per cápita aumentará en 2050.

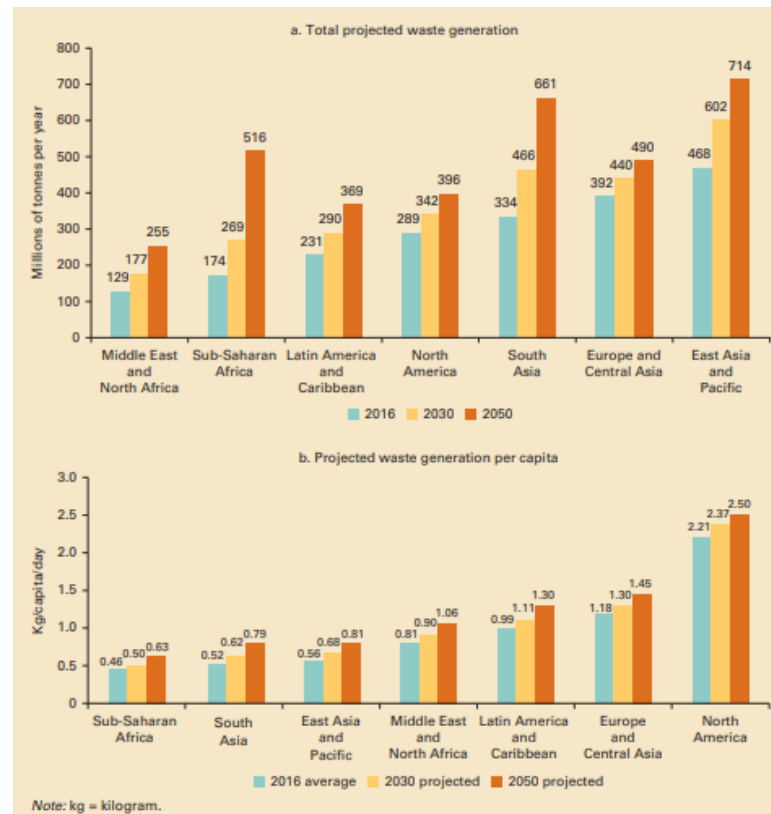


Figura 1: Producción de residuos por región

Tomado de What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.(p.28) por Kaza, Yao, Bhada-Tata y Van Woerden, 2018, World Bank

Esto nos da una idea de hacia dónde nos conducimos como sociedad, y los problemas que puede acarrear la sobreproducción de este tipo de sustancias perniciosas, muchas de ellas incompatibles con la vida o tóxicas.

Hay que diferenciar el tipo de residuo del que estamos hablando ya que no todos se pueden reciclar, no todos son tóxicos y no todos serán de interés para este proyecto.

Analizando los tipos de residuos que se producen en Europa y en África central vemos que el 36 % corresponden a residuos de comida y verdes lo cual podemos ver en la siguiente gráfica (Figura 2) (Kaza, Yao, Bhada-Tata y Van Woerden, 2018).

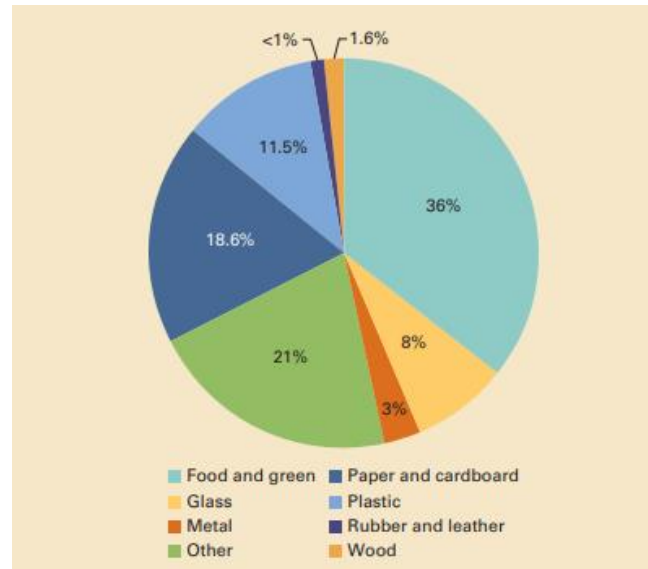


Figura 2: Composición de los residuos en Europa y Asia Central

Tomado de What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.(p.47) por Kaza, Yao, Bhada-Tata y Van Woerden, 2018, World Bank

1.1 Actividades productoras de residuos aprovechables

Se va a analizar la situación de algunas industrias productoras de residuos que guardan una estrecha relación con este proyecto ya que muchos de estos residuos pueden ser fácilmente aprovechables como materia prima del proceso presentado:

Ganadería:

Por su importancia en este proyecto se analizará primero la producción de residuos en la industria ganadera. La mayor cantidad de los residuos generados por este tipo de acción comercial se genera en la crianza de los animales seguida por una pequeña cantidad en los mataderos.

En la crianza de los animales destacan por su volumen la producción de excrementos, en la siguiente tabla (Figura 3)(Agencia Extremeña de la Energía,2010) podemos ver la cantidad de excrementos que produce cada tipo de ganadería y el tanto por ciento que equivalen al peso vivo del animal, por lo que con saber cuánta cantidad de animales se han comercializado en cada zona podremos saber que, dependiendo de la especie, se han producido de media un 6-8 % del peso vivo de excrementos, lo que es una cantidad importante

	Peso del animal (kg)	Cantidad de excrementos/día (kg)	% peso vivo
Bovinos de carne	200 - 250	15 - 30	5,3 - 7
Vacas lecheras	450 - 600	30 - 50	6 - 9
Ovinos	45 - 60	1,5 - 5	3 - 10
Cerdos adultos	160 - 250	5,3 - 25	2,5 - 10
Cerdos de engorde	45 - 100	3 - 9	5 - 10
Pollos de carne	1 - 2,5	0,10 - 0,17	6 - 8
Ponedoras	2 - 2,5	0,15 - 0,25	7 - 12
Pavos	6 - 12	0,40 - 0,70	6 - 7
Caballos	450	20 - 50	3 - 10

Figura 3 Cantidad de excrementos por tipo de ganadería

Tomada de gestión Medioambiental en producción porcina. Por Babot, D., 2007

Analizando la tabla podemos ver que es muy variable el porcentaje de excrementos producidos por cada tipo de animal, el problema deriva en la cantidad de animales que viven juntos y el problema se intensifica cuando hablamos de macro-granjas.

La cantidad de excrementos no es todo lo que se produce como residuos en este tipo de actividad económica, por ejemplo en la ganadería porcina Babot (2007) escribe:

“En cuanto a los residuos/subproductos generados, por cerda productiva y año pueden esperarse entre 17 y 27 m³ de purines, cerca de 80 kg de material biológico residual (cadáveres y envolturas fetales), 3 litros de envases y catéteres de inseminación, 90 g de cartón y diferentes cantidades de componentes emitidos en forma de gas.”(p.195)

Esta alta producción de residuos no resultaría un problema si se siguiera con la ganadería tradicional extensiva en la que el campo podía asimilar la cantidad de residuos generados, pero en muchos lugares del mundo y recientemente en España con la implantación de las llamadas macro-granjas especializadas principalmente en el ganado porcino, se está llegando a niveles que no hay suficiente suelo cultivable como para usar los purines y el estiércol como fertilizante y están constituyendo un gran problema medioambiental producido en gran medida por la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

La técnica usada en muchas granjas de cerdos es la de almacenar estos excrementos en grandes balsas para que sufran un proceso de degradación anaerobia y poder ser usadas de fertilizantes en campos adyacentes, esto

constituye un gran problema medioambiental ya que muchos de estos “fertilizantes” no están tratados y contaminan las aguas, esta práctica se ve favorecida por una legislación muy laxa en cuanto a este aspecto, siendo la más laxa de Europa y ejerciendo un efecto llamada para la creación de estas granjas con capital extranjero (Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino, 2010)

Agricultura

En la agricultura al igual que en la ganadería hay una cantidad importante de residuos generados, en este caso se pueden llamar subproductos ya que muchos de ellos son aprovechables para otro tipo de actividades como alimentación del ganado, como pueden ser los tallos de los cereales con los que se hacen las alpacas.

Hay otro tipo de subproductos que se generan que no son tan fácilmente aprovechables y que suelen provenir de las industrias que transforman los productos del sector primario, estos subproductos pueden llegar a ser un problema de residuos ya que la cantidad que se procesa es muy grande por lo que se necesita buscar opciones para su reciclado unos ejemplos de estos productos podrían ser las rabihojas de la remolacha azucarera, los hollejos de las uvas en la fabricación del vino o el alperujo de las almazaras.

Por otro lado también cabe destacar la posible utilización de los restos de podas de árboles frutales así como de las vides como fuente de alimentación

Ciudades

En las ciudades se genera gran cantidad de residuos sólidos aprovechables para este proyecto, por un lado podríamos considerar la producción de residuos orgánicos de las casas, separadas del resto de la basura por medio de los contenedores específicos de residuos orgánicos, para hacernos una idea de la cantidad de residuos generados podemos consultar al INE, en Castilla y León se produjeron en 2017:

Producción de residuos urbanos en Castilla y León en 2017, fuente: INE		
Tipo de residuo	Cantidad en toneladas	Kilogramos por habitante
Madera	3.014	1,23 kg/habitante
Papel y cartón	47.179	19,37 kg/habitante
Animales y vegetales	4.204	1,72 kg/habitante

Figura 4 Producción de residuos urbanos en Castilla y León en 2017

Realizado en base a Instituto Nacional de Estadística

Otra gran cantidad de residuos de bastante transcendencia son los residuos producidos en los jardines de las ciudades ya que suponen una cantidad importante de biomasa

Como se puede ver la generación de residuos es un problema al que nos enfrentamos toda la humanidad y que conforme pasa el tiempo se agudiza más, por lo que se necesitan pensar e implantar formas y procesos que biodegraden de una forma rápida y económicamente rentable esta gran cantidad de sustancias que de acumularse podrían causar grandes problemas sanitarios, medioambientales y económicos.

1.2 Análisis de los productos generados

Los dos productos que obtenemos de la eliminación de los residuos son el compost generado por los excrementos de los gusanos fénix (*Hermetia Illucens*) y el pienso creado después de triturar los gusanos cuando llegan a su última fase madurativa.

Pienso

El primer producto y más rentable es el pienso creado después de secar y triturar las larvas maduras de *Hermetia Illucens*.

Este pienso tiene una composición media de 40% proteína y un 30 % de grasa, aunque tendrá unas cualidades alimentarias algo diferentes dependiendo de la alimentación que hayan tenido las larvas mostrando resultados diferentes sobre todo en los aminoácidos presentes, en la tabla de la figura 5 (Newton, Sheppard, Watson, Burtle, Dove, 2005). Podemos ver la diferencia entre gusanos fénix alimentados con estiércol de aves de corral (Poultry) y con estiércol de cerdo (swine).

Table 2. Mineral content and proximate analysis of dried black soldier fly prepupae raised on poultry and swine manure					
Mineral	Poultry	Swine	Proximate analysis	Poultry	Swine
P	1.51%	0.88%	Crude protein	42.1%	43.2
K	0.69%	1.16%	Ether extract	34.8	28.0
Ca	5.00%	5.36%	Crude fiber	7	--
Mg	0.39%	0.44%	Ash	14.6	16.6
Mn	246 ppm	348 ppm			
Fe	1370 ppm	776 ppm			
B	0 ppm	--			
Zn	108 ppm	271 ppm			
Sr	53 ppm	--			
Na	1325 ppm	1260 ppm			
Cu	6 ppm	26 ppm			
Al	97 ppm	--			
Ba	33 ppm	--			

Figura 5 Análisis de diferentes alimentaciones de la mosca soldado negra

Tomado de 'Using the black soldier fly, Hermetia illucens, as a value-added tool for the management of swine manure'. (p.9) por Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove, R., June 2005, North Carolina State University)

Como se ve en la figura 5 en rasgos generales guarda la composición base de 40% de proteína y 30% de grasa aunque difiere dependiendo de la alimentación, obteniéndose una mayor cantidad de proteína siendo alimentados con estiércol porcino que con excrementos de aves.

En cuanto a los minerales presentes podemos ver que los más importantes son el Calcio (5%), el Fósforo (1%) y el Potasio (0.9%). Dependiendo del tipo de alimentación también estos valores pueden variar.

Analizando el extenso mercado de piensos para cerdos y demás animales de granja nos podemos dar cuenta que el precio varía dependiendo del precio que tenga la fuente de proteínas que se use, siendo las más usadas la harina de pescado y la soja. La soja es un cultivo que agota los suelos donde se cultiva por lo que no se puede cultivar dos años seguidos lo que encarece el precio y merma la producción. La harina de pescado por su parte tiene el problema del consumo energético, se calcula que para conseguir la proteína para crear 1 kg de carne de pez de piscifactoría se necesitan 3 kg de otros peces.

La composición característica de los piensos de cerdos necesita un 18% de proteína, la de los terneros un 12%, la de los corderos un 17% y la de gallinas entre un 17% y un 19% lo que nos indica que buena parte del porcentaje usado y con diferencia de los más caros e inestables en el mercado, podemos producirlo en nuestra instalación en una proporción mucho mayor de lo necesitado por los ganaderos.

Al ser el pienso producido por la instalación mostrada en este proyecto muy rico en proteínas no será muy difícil irrumpir en un mercado caracterizado por la importancia del precio de la proteína.

Compost

El segundo de los productos que la instalación de este proyecto produciría sería el compost producido por las deyecciones de los gusanos fénix a lo largo de su crecimiento

Según el informe de M. Williams este tipo de larvas reducen 55 kg de estiércol seco en 24 kg de excrementos de gusano en 14 días, con lo que se reduciría un 56% la cantidad de materia, lo que nos lleva a preguntarnos si este residuo podría ser aprovechado de alguna forma, siendo la elegida la utilidad como compost o pseudocompost.

En la siguiente tabla (figura 6) (Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove, R., June 2005) podemos ver el poder de degradación que tienen estos insectos de

los diferentes elementos que componen el estiércol de cerdo, destacando la reducción del carbono y del nitrógeno en un 62% y un 55% respectivamente

Element	Pig manure		Black soldier fly residue		Change %
	ppm	SEM	ppm	SEM	
N	923.7	44.4	414.52	6.17	-55.1
P	676.2	37.9	378	13.1	-44.1
K	358.7	19.8	169.34	7.07	-52.8
Ca	969.3	62.5	425	19.4	-56.2
Mg	299.3	16.9	175.96	7.08	-41.2
S	80.31	4.33	44.44	1.38	-44.7
Fe	6.63	0.31	6.8	0.54	+2.6
Mn	12.8	0.75	6.02	0.23	-53.0
Zn	23.53	1.09	12.91	0.39	-45.1
Cu	14.85	1.45	8.05	0.32	-45.8
B	0.32	0.02	0.16	0	-50.0
C	11,248	497	4,232.6	36.8	-62.4
Na	99.93	5.59	48.15	2.04	-51.8
pH (units)	6.24	0.05	7	0.04	+12.2
C:N (ratio)	12.2	0.3	10.22	0.18	-16.2

Figura 6 Comparación de elementos entre excrementos de cerdo y residuo de mosca soldado negra

Tomado de Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure.(p.13) por Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove, R., June 2005, North Carolina State University)

Este compost de gusano fénix s podría usar como fertilizante en grandes cantidades en campos de cultivo ya que es la mitad de fuerte que el estiércol de cerdo porque tiene un 55% menos de nitrógeno.

Se han realizado estudios para el aprovechamiento de este compost como alimento de la lombriz roja californiana del que se obtiene el vermicompost uno de los mejores fertilizantes. Alimentándolas con este compost de gusano fénix las lombrices crecen más rápido y comen más rápido al encontrarse los alimentos parcialmente digeridos. Por lo que podría ser otra alternativa de negocio

Como he mostrado en este primer capítulo se necesita implementar métodos de reciclaje de residuos por la creciente producción que se efectúa en el planeta, y la composta de residuos agroganaderos usando la mosca soldado negra puede ser una buena medida ya que reduce la cantidad de residuos a la mitad y los hace mucho más inocuos para el medio ambiente que los originales. Además de conseguirse una producción de pienso y de compost que pueden llegar a irrumpir en unos mercados caracterizados por la fluctuación de los precios por la escasez o exceso de oferta, en contraste con el producto aquí



mostrado que no tendría fluctuación en oferta ya que solo necesita excrementos agroganaderos los cuales abundan en cualquier lugar del mundo.

Capítulo 2: Diseño del proceso

El procedimiento que tendría lugar en nuestra instalación, por el cual se consigue degradar las materias primas entrantes en torno a un 56% en volumen y conseguir el pienso y el compost sigue el siguiente proceso:

- Se implantan los huevos del animal cada día, en un lugar habilitado para ello de la celda de cría, se sabe que la cantidad de huevos que sean implantados hoy producirán el mismo número de individuos adultos 14 días después ya que el ciclo de este animal dura 14 días, con lo que podemos escalar la oferta en función de la demanda con 14 días de antelación.
- Una vez implantados los huevos se tendrá que alimentar la celda de cría, dependiendo de la cantidad de individuos que tengamos en la celda de cría podremos alimentarlo con más cantidad o menos
- Por su naturaleza la larva de la mosca soldado negra cuando ya ha llegado a su máximo desarrollo intentará salir de la pila de compost trepando una rampa de entre 35 y 45 grados, para una vez que está en un lugar seguro poder hacer la transformación a pupa y después emerger como mosca adulta.
- Recogeremos las larvas maduras y las procesaremos sometiéndolas a una etapa de secado y una etapa e de triturado, transformándolas en pelets de pienso.
- Una vez peletizado con la trituradora se someterá a un segundo proceso de secado el cual dejará el pienso con el grado de humedad exacto para poderlo almacenar y envasar.
- Una pequeña parte de las larvas maduras se extraerán antes de triturarlas para pasarlas a una etapa de cría, donde se transformarán a mosca y se reproducirán para generar los huevos que implantaremos en las celdas de cría
- Se monitorizará la cantidad de comida entregada a las celdas de cría y un sistema automático reflejará cuando hay que vaciar de compost la celda.
- Durante todo el proceso se necesitará mantener una humedad entre el 65-80 %y una temperatura entre 30 y 40 grados Celsius

Se va a pasar a analizar las posibilidades de cada uno de los procesos en las que se dividiría la instalación, la descripción de los procesos va a ser exhaustiva en los elementos que permiten la automatización y en los procedimientos que el autómatá tendría que realizar, y se va a describir de una forma más somera las características que no mantengan relación con la automatización, como modelos de máquinas y flujos y cantidades de materia.

2.1 Celdas de cría

Las celdas de cría es el lugar donde se mantendrá el producto por más tiempo, en esta parte de la instalación vivirán las larvas por lo que habrá que conseguir las condiciones de temperatura y humedad idóneas además de garantizar la aireación para eliminar la incidencia de hongos.

Posibilidad 1 Celdas pequeñas

La primera posibilidad consiste en celdas de cría pequeñas tipo caja de fruta (1x1x0.5) de no más de 1.000 larvas en cada caja. Estas cajas de cría se dispondrían en estanterías en habitaciones grandes en las que se controlaría la humedad y la temperatura.

Ventajas:

Cría individualizada de cada celda, lo que redundaría en un mejor control de las variables y una mayor posibilidad de inspección

En cada celda las larvas tienen la misma edad por lo que se puede controlar mejor la producción y ajustar la cantidad de comida en función de la edad

Mucha aireación de cada celda consiguiendo una temperatura homogénea muy controlada

Inconvenientes:

Esta solución implica poca posibilidad de automatización sobre todo con la adición de comida ya que un operario sería el encargado de ir aportando la comida a cada celda.

La automatización de las condiciones idóneas en toda una habitación es un gasto innecesario de energía.

Se necesita una gran infraestructura de estanterías y de cajas.

Uso de mano de obra excesiva para mover las cajas con los gusanos a la trituradora.

Bajo aprovechamiento del espacio

Posibilidad 2 Celdas medianas

La segunda posibilidad es parecida a la primera usando cajas ordenadas en estanterías pero esta vez con una mayor cantidad de individuos en cada caja, del orden de 20.000. Las medidas de cada caja aproximadamente serían 2x2x1 (metros). Estas cajas se apilarían en estanterías y se moverían con el uso de traspaleas eléctricas

Ventajas:

Cría individualizada de cada celda, lo que redundará en un mejor control de las variables y una mayor posibilidad de inspección

En cada celda las larvas tienen la misma edad por lo que se puede controlar mejor la producción y ajustar la cantidad de comida en función de la edad

La aireación de las pilas de compost donde viven los gusanos se hace más complicada que en la opción 1

Inconvenientes:

Esta solución implica poca posibilidad de automatización al igual que la posibilidad 1, pero sería más fácil la adicción de comida ya que se podría echar más cantidad de comida en cada caja

En este caso para conseguir las condiciones adecuadas de temperatura y humedad necesitaríamos gastar más o menos la misma energía que en la opción 1

Se necesita una gran infraestructura de estanterías y de cajas.

Uso de mano de obra excesiva para mover las cajas con los gusanos a la trituradora.

Bajo aprovechamiento del espacio, pero mejor que la opción 1.

Posibilidad 3 Celdas grandes

La tercera posibilidad planteada es el uso de celdas grandes de tamaño parecido a containers de los barcos, ancho= 2,5m, alto= 2,5m y largo entre 6 y 12 metros.

Este tipo de instalación sería diferente a las dos anteriores opciones, debido a sus dimensiones no sería móvil, quedaría emplazado en un sitio fijo. La recolección de los gusanos y del compost con este tipo de instalación también es diferente, en la celda de cría se realizaría una rampa de entre 30-40° con salida al exterior de la celda y cuando cada larva esté madura por su propia iniciativa subirá la rampa para salir de la pila de compost, de esta forma se recolectarían las larvas maduras y las demás seguirían comiendo.

La alimentación también sería diferente, se podría realizar automáticamente mediante tolvas situadas en el techo de la celda.

Ventajas:

Fácilmente automatizable la adicción de comida a la celda por medio de tolvas

El gasto de energía para mantener las celdas de cría con una humedad y una temperatura estables sería menor ya que el volumen es más ajustado a la zona de cría y no a toda una habitación

El uso de mano de obra se ve muy notablemente reducido ya que es posible una automatización más completa

Inconvenientes:

Se necesita la construcción de las celdas

La cría de las larvas se realizaría con un menor control por las dimensiones de la instalación y la cantidad de individuos juntos.

La limpieza de las celdas es más complicada que en las anteriores propuestas.

Solución adoptada

Analizando las ventajas y los inconvenientes he optado por la instalación número 3, consistente en celdas de cría de 2.5m de alto, 2.5m de ancho y 12m de largo, la cual reduce la mano de obra empleada y aumenta la posibilidad de automatización.

Detalles estructurales

La celda de cría estará construida de hormigón con un revestimiento interior de un material impermeable, en la zona anterior y posterior la celda tendrá dos puertas por las que en el momento de limpieza y extracción del compost se pueda acceder con maquinaria pesada. Se realizará a su vez la instalación de unas molduras para poder instalar la rampa por la que ascenderán las larvas ya maduras, dicha rampa deberá de ser extraíble en el momento de la limpieza de la celda

Se realizará la instalación de claraboyas para producir una iluminación natural de la celda. Así como la instalación de una compuerta en la zona superior para sembrar de huevos o de larvas la celda.

El suelo de la celda contará con un sistema de evacuación de los excesos de agua evitando la acumulación de humedad y la proliferación de hongos. Consistirá en inclinar el suelo hacia un captador de agua con un filtro para evitar la caída de larvas y compost.

Control de la humedad y la temperatura

Las celdas de cría estarán provistas de sensores de humedad, de temperatura y de calidad del aire colocados en zonas estratégicas de la celda, además contará con actuadores que controlarán la temperatura por medio de ventiladores.

El problema que tienen estas celdas es la aireación de la pila de compost donde vivirán las larvas, ya que al haber una gran cantidad de materia y de individuos puede aumentar de temperatura hasta llegar a niveles donde las larvas podrían morir. El mayor problema lo tendremos en el centro de la celda de cría ya que se almacenará ahí la mayor cantidad de materia, por lo que habrá que implementar una instalación de ventilación que insufla aire por medio de tubos agujereados para enfriar la pila desde dentro.

Una opción es aprovechar este calor residual producido por las celdas de cría en otro proceso de la fábrica que se necesite, por lo que se podría implementar un sistema de intercambio de calor para extraer el calor de la pila de compost y usarlo para secar el pienso en el secadero, esta alternativa se puede usar en adicción al sistema de ventilación forzada.

Aprovechando las dos técnicas se usará un sistema de ventilación forzado con aire a temperaturas bajas con tubos agujereados transversales a la celda de cría, teniendo forma de serpentín horizontal, dicho aire pasará a través del compost cumpliendo dos funciones igualmente importantes: evitará la formación de bacterias anaerobias, las cuales producen mal olor, y conseguirá reducir la temperatura de la celda de cría a niveles estables.

En la parte superior de la celda se extraerá el aire de la celda con varios extractores, dicho aire caliente se conducirá al secadero de pienso tras tratarlo para eliminar la humedad.

Además de contar con ventilación forzada se necesitará un sistema de aumento de la temperatura el cual consistirá en un radiador eléctrico que se activará automáticamente si la temperatura baja de un determinado valor de consigna.

Para la adicción de humedad la celda contará con rociadores por aspersión instalados en el techo, los cuales podrán servir a su vez para incorporar productos fitosanitarios en caso de necesitarse.

Para homogeneizar la temperatura y las demás características las celdas de cría dispondrán en su interior de un ventilador que moverá el aire interior reduciendo la creación de hongos.

Sistema de alimentación

La celda además de permitir unas correctas condiciones para la vida de las larvas necesitará un sistema que alimente a las larvas automáticamente, por la cantidad de materia a usar y lo complicado de la alimentación de estas larvas se ha decidido usar un sistema automático.

Consistirá en el almacenamiento en una tolva o depósito la comida y por medio de un sistema de tornillos sin fin o de cintas transportadoras hacer llegar la comida a las celdas de cría, las cuales tendrán unas aberturas en la parte superior con unas toberas para hacer posible la alimentación.

En el plano 1 adjunto los planos de planta y alzado de una posible configuración de la celda destacando el emplazamiento de los tubos de ventilación forzada, los extractores, los humidificadores, la trampilla de siembra, claraboyas de iluminación y zonas de alimentación.

Sistema de limpieza y extracción del compost

En este proceso se produce una sustancia de residuo, el compost de gusano fénix, el cual se comercializará al igual que el pienso. En apartados anteriores hemos explicado que este tipo de gusano biodegrada la materia dejándola a un 50% en volumen de la cantidad previa. Por lo que sabemos que tendremos que lidiar con una gran cantidad de compost, si nuestra instalación en un periodo de tiempo tuviera una entrada de 20.000 m³ de residuos compostables sabemos que tendremos una producción aproximada de 10.000 m³ de compost.

Como proceso de limpieza se denominará al proceso de abrir la celda de cría y extraer todo el compost que haya allí almacenado. Para este proceso periódico tendremos la necesidad de usar mano de obra ya que es muy difícil de automatizar.

El proceso será el siguiente, 14 días antes de la limpieza se dejará de introducir nuevas larvas de gusanos para el día de la limpieza tener la certeza que ya no queda ninguna larva dentro.

Para eliminar la comida residual, 20 horas antes de la limpieza no se alimentará dicha celda, por lo que las larvas que haya dentro tendrán que alimentarse de los restos de alimento que quede y con ello eliminar en gran parte todos los residuos que podrían dar mal olor al producto final.

En la limpieza se extraerá primero la rampa de recolección de larvas, desde el exterior, y se procede a la apertura de las dos puertas emplazadas en los laterales de la celda de cría. Con maquinaria pesada se irá extrayendo el

compost y pasándolo a la zona de almacenaje de compost que estará situada en un solar fuera de las instalaciones.

Equipos



Figura 7 Extractor de aire

Extractor de aire: Se usarán tres extractores de aire de tipo centrífugo radial acoplados a las paredes de la celda de cría según se muestra en el plano 1. Se usarán extractores de 2600 rpm alimentados con 220 v, suministrados por cablematic,(Cablematic,s.f) en el anexo 7 podemos ver las características de dicho equipo.

Tubos de extracción: se usarán tubos para conducir los gases calientes desde la celda de cría hasta el secadero, estos tubos tendrán un diámetro de 20 cm, y estarán aislados para reducir la pérdida de calor por convección, desde el secadero saldrá a su vez una chimenea la cual extraerá los gases húmedos y calientes del secadero.

Bomba de aire: para surtir de aire frío a la celda de cría se usará una bomba de aire, la cual estará alimentada a 220 V, se necesita que sea una bomba que impulse aire respirable, por lo que se ha elegido el modelo Capitano 140 Series,(Bauer Kompressoren, S.f) de la marca Bauer Kompressoren GmbH, la cual desarrolla con su motor eléctrico un caudal de 140 litros por minuto. En el anexo 8 se pueden consultar las características técnicas.



Figura 8 Bomba de aire



Figura 9 Ventilador interior

Ventilador: se instalará un ventilador tubular en el interior de la celda con la intención de homogeneizar y mover el aire, será suministrado por cablematic (Cablematic,s.f) y estará alimentado a 220 V. Este ventilador, trabajará a 1360 rpm y tendrá un diámetro de 400mm. El enlace de compra se

encuentra en la bibliografía. En el anexo 9 se puede encontrar las características técnicas de este equipo.

Rociadores: para la adición de humedad en la celda se usará una manguera conectada a una toma de agua, esta manguera se introducirá en la celda de cría y se conectará a un sistema de rociadores los cuales estarán en el techo de la celda.



Figura 10 Rociadores

La distancia mínima entre rociadores se ha calculado en el apartado de cálculos siendo de 2 metros, por lo que se ha usado esa distancia de separación entre ellos, por lo que se necesitarán 5 rociadores. El sistema de rocío de agua trabajará a la presión nominal del grifo (3 bar). Los rociadores que usaremos serán del proveedor boquillasdeaspersion, (boquillasdeaspersion, S.f) estas boquillas rociarán agua en forma de cono lleno y rociarán con un caudal de 12 litros por minuto trabajando a 3 bar. En el anexo 10 se puede ver una captura de la página de compra, la cual figura en la bibliografía.

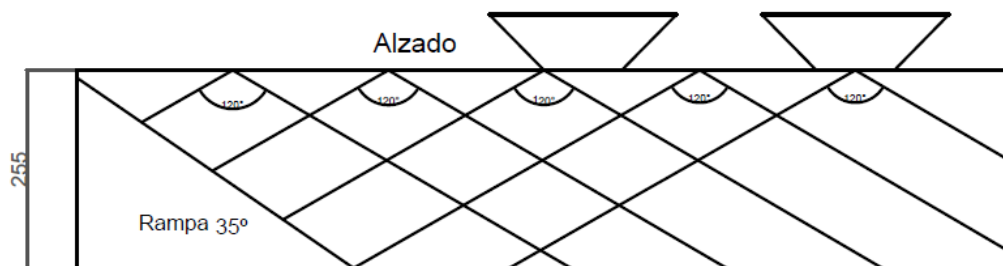


Figura 11 Colocación de los rociadores en la celda de cría

Calefactor: se usará un calefactor eléctrico en el interior de la celda de cría, para elevar la temperatura en caso de que fuera necesario, el calefactor que se necesita deberá calentar una zona de 78 m^3 (ecuación(2)) y se necesita que trabaje bajo unas condiciones de humedad altas, además se pide estar alimentado a 220 V en corriente alterna.



Figura 12 Calefactor

Para realizar el trabajo para el que se requiere este equipo se va a poner de condición que tenga una protección IP67 o mayor, ya que va a trabajar en condiciones de humedad

elevadas y con agua en nebulización. Por este motivo se ha elegido el modelo TERM2000 IP67 de BURDA, (Burda, s.f) el cual está diseñado para trabajar a la intemperie e incluso sumergido en el agua, tiene una potencia de 2000W lo que será suficiente para aumentar la temperatura rápidamente cuando se requiera. En el anexo 11 figuran las características de este equipo.

2.2 Trituradora

El segundo proceso que se lleva a cabo es la trituración de las larvas maduras para formar pellets, se usará una trituradora industrial la cual tenga una boquilla de salida en forma de cilindros pequeños para formar pellets.

La trituradora será alimentada por una tolva en la que caerán las larvas maduras, con un sistema automático se comprobará el nivel de dicha tolva y se pondrá en marcha la trituradora cuando tenga suficientes larvas para trabajar un ciclo largo.

El modelo de la trituradora no es objeto de estudio de este proyecto ya que se adecuará al volumen de materia a triturar y por lo tanto a la cantidad de celdas de cría que se instalen en la aplicación de este proyecto.

Para este proyecto vamos a contar con una trituradora tipo la cual es alimentada a 220 V en corriente alterna.

2.3 Secadero

Los diferentes tipos de secaderos según Naturgy Energy Group S.A.(s.f) que existen en el mercado son:

- Secadero por conducción: Característicos de la industria papelera, la banda de papel se seca por contacto con un cilindro hueco.
- Secadero por convección: Se usan humos de combustión para eliminar por convección la humedad del producto.
- Secadero de tambor giratorio: Se usa un cilindro tubular inclinado, el cual se hace girar lentamente produciendo el movimiento de la materia a secar, la humedad se elimina por convección añadiendo un gas caliente.
- Secadero de lecho fluidizado: Se introducen gases a contracorriente, calentados en un horno o mufla, estos gases fluidizan la materia a secar.
- Secadero por radiación: Por medio de la radiación infrarroja y en modo continuo se secan los materiales.
- Secaderos combinados: Se usan dos o más formas de secado antes citadas
- Secaderos de vacío: Se reduce la temperatura de evaporación del agua por medio de reducir la presión, así podemos extraer el agua sin calentar demasiado la materia.

- Secaderos de alta frecuencia: Se somete a la materia a una corriente eléctrica que por el efecto Joule se calienta.

Características del secadero

El secadero que se necesita para esta aplicación necesita secar pellets de materia sólida, en nuestro caso pellets de larvas de insectos triturados.

Tendremos que reducir la humedad desde el 8-9% que tienen las larvas recién trituradas, a un 5% para envasarlo con garantías.

Tenemos a disposición una fuente barata y bastante extensa de aire caliente generado por los criaderos.

Este secadero a su vez podrá usar electricidad además de algún tipo de energía renovable.

Tiene que ser un secadero de tipo continuo, ya que vamos a estar añadiendo constantemente pellets para secarlos.

Solución adoptada

Ya que tenemos a nuestra disposición aire caliente en cantidades bastante grandes y necesitamos que el secadero sea de tipo continuo, además de que la reducción de la humedad no es muy elevada, la solución que se ha escogido es la utilización de un secadero de tambor rotativo.

Este secadero se compondrá un tambor rotativo ligeramente inclinado para concentrar la caída de los pellets secos, el tambor estará rodeado de un armazón hermético que no dejará salir los gases calientes menos por una zona habilitada para la salida de gases conectada a una chimenea. Los gases calientes entrarán al tambor giratorio por la parte baja, arrastrando la humedad hacia la zona más alta de la armadura.

Previamente a la inclusión de los gases calientes estos tendrán que tener un preprocesado para eliminar la humedad existente en ellos.

El modelo del secadero y la cantidad de materia que pueda procesar dependerá de la cantidad de materia que la trituradora pueda procesar, y ya que ésta está determinada por el número de celdas de cría a instalar en la aplicación de este proyecto, no se elegirá un modelo específico de secadero.

Una posible mejora en la que se puede incurrir en próximas modificaciones es la utilización de un colector solar para calentar aún más los gases usados en este secadero.

2.4 Transporte

Se necesitará el uso de cintas transportadoras para que muevan los materiales por toda la fábrica, además se usará otros medios como rampas para el

transporte de materia. Para ilustrar este apartado usaremos el Plano N°2 “Layout modelo de fábrica con cintas transportadoras”.

Las posibilidades que se barajan para el movimiento de materia en el interior de la instalación son:

- Cintas transportadoras de banda: Usadas para el movimiento de grandes cantidades de materia a muy diferentes distancias, destaca su bajo coste y su fácil automatización
- Tornillos sin fin: Esta instalación se utiliza para el movimiento de productos a granel los cuales se mueven por el principio de Arquímedes, se suelen usar para elevar materia.
- Rampas: Esta instalación es usada para hacer descender controladamente materia ya sea líquida o sólida

Características del transporte

Para la instalación a proyectar se necesita:

Un sistema que alimente a las celdas de cría de materia sólida, la cual se necesita elevar materia semi-sólida de las tolvas de alimento (más bajo) a las celdas de cría (más alto).

Desde las caldas de cría a la trituradora se necesita un sistema que transporte las larvas maduras y las almacene en la tolva de pre-triturado.

Para transportar los pellets secos desde la secadora hasta la zona de almacenaje del producto terminado se necesita el uso de otra instalación, la particularidad de este transporte es que deberá echarse los pellets secos por la parte superior del almacén.

Solución adoptada

El primer aprovisionamiento autónomo que se tendrá en cuenta en la instalación es la alimentación autónoma de las celdas de cría. Para ello se usará unas tolvas de gran tamaño donde se almacenará los purines y el alimento a usar para alimentar las celdas de cría. Una cinta transportadora será la encargada de elevar la comida desde esas tolvas al interior de la instalación alimentando el proceso. Esta cinta proveerá materia a las dos entradas de alimento de las celdas de cría, dicha cinta podemos verla ilustrada en el Plano N°2 caracterizadas con los números 1, 2 y 3 en color azul.

Para este trabajo se ha elegido una cinta transportadora de banda en la que dependiendo de la inclinación final de la instalación se le efectuaran relieves para evitar que la materia resbale hacia abajo.



Figura 13 Cinta transportadora de banda

Para el segundo movimiento de materia correspondiente al transporte de larvas maduras desde la celda de cría hasta el depósito de pre-triturado, se va a usar una rampa, ya que es la solución más rápida y menos costosa.

Las larvas maduras por su propio peso caerán hacia la tolva de pre-triturado por la rampa y se almacenarán en dicha tolva hasta que se alcance tal cantidad de materia que active el sensor que hay en la tolva lo que conllevará que se active la trituradora y la secadora y se mantendrá funcionando el tiempo pertinente hasta que la tolva de pre-triturado se vacíe lo suficiente para poder apagar la trituradora y la secadora. Podemos ver esta instalación en el plano N°2 caracterizado con el número 4 en color rojo.



Figura 14 Rampa industrial

Para el tercer proceso de transporte de materia en la instalación se ha optado por una cinta transportadora de banda, ya que se necesita transportar materia

seca desde el secadero de tambor hasta un almacén y soltarlo por la parte superior.

Se adecuará la velocidad de la cinta a la cantidad de materia que pueda procesar la secadora, consiguiendo así evitar que se produzca almacenamiento a la salida del secadero.

La segunda opción que se barajaba era la utilización de una cinta transportadora de tornillo sin fin, ya que se usa para mover productos a granel, pero encarece la instalación ya que necesita un depósito de producto a la entrada del tornillo y por eso no se ha decidido su uso.

2.5 Almacenaje

Almacenaje de pienso

Como se ha explicado en el apartado de cintas transportadoras y transporte se almacenará el pienso seco en un gran almacén a modo de tolva en el que no habrá compartimentos separados ya que se ha proyectado la producción de un solo tipo de pienso.

Este almacén tendrá continuamente una ventilación controlada para que el pienso se almacene en unas condiciones de humedad y temperatura óptimas.

En futuras ampliaciones se proyecta realizar piensos de diferentes calidades alimentando a las larvas de forma diferencial o en diferentes acabados, con lo que tendría que dividir en almacén en zonas para la diferenciación de los productos terminados

Almacenaje de compost

El proceso de extracción y almacenaje del compost no son objeto de estudio de este proyecto, ya que se realizarán de forma manual por operarios y se almacenará en una instalación contigua a la descrita.

2.6 Envasado

La parte de envasado tanto del pienso como del compost no será objeto de estudio en este proyecto, ya que se subcontratará a una empresa especializada.

Capítulo 3: Diseño de la automatización

En este capítulo se va a abordar la programación así como los sensores y actuadores que se usarán para la automatización de los procesos descritos anteriormente

Se entrará en detalles relativos a los procesos a automatizar, en su descripción y en los equipos a utilizar.

3.1 Elección de equipos

Para el proceso que se implementa se necesitan varios equipos los cuales deben ser elegidos conforme a la función que desempeñen además se debe garantizar siempre la buena comunicación entre ellos.

Se necesitará:

- Un módulo Central o CPU
- Un sensor de temperatura
- Un sensor de humedad
- Diferentes actuadores: ventiladores, humidificadores, motores, válvulas

El módulo central o CPU que se elegirá dependerá de las entradas y salidas que se necesiten para la programación, pero va a ser de la familia de Siemens Simatic S7-1200. Podríamos elegir cualquiera de los módulos centrales de la familia 1200 y después añadirle más módulos auxiliares de más entradas y salidas tanto digitales como analógicas, igualmente se tiene la posibilidad de añadir una Signal Board. La elección del módulo central o CPU se realizará más adelante, cuando se tengan analizadas todas las entradas y salidas necesarias.

Se realizará la programación con el programa propio de Siemens, Totally Integrated Automation Portal o también conocido como TIA Portal.

Sensor de temperatura

Para la elección del sensor de temperatura hay que tener en cuenta garantizar una buena comunicación con el PLC, para ello se elegirá un dispositivo cuya salida sea en corriente, por lo que no nos tendremos que preocupar de la distancia a la cual emplacemos nuestro dispositivo PLC medida desde el sensor, ya que no se producirá un ruido ni una atenuación suficientemente importante, fenómeno que si sucedería si la salida del sensor fuera en voltaje.

Otra cosa a tener en cuenta es la alimentación del sensor de temperatura, el PLC tiene una salida a 24 V en corriente continua, esta salida se podría usar para alimentar el sensor, si no sirviera habría que proyectar una fuente de alimentación auxiliar.

Para la lectura del PLC de los datos habrá que elegir un PLC que sus entradas analógicas lean los diferenciales de corriente producidos por el sensor, en caso de no tener esta posibilidad habría que adquirir un módulo externo de entradas analógicas que sí lea en corriente.

Se van a analizar los diferentes tipos de sensores de temperatura comerciales que hay en el mercado y sus diferentes tecnologías:

Las tres tecnologías que se manejan actualmente en el mercado son los sensores termopares, los sensores RTD y los Termistores. Las diferencias entre las tecnologías las podemos encontrar en electrónica2000 ('Sensores de temperatura Tipos y aplicaciones', 2020)

Analizando las diferentes alternativas que tenemos, en la elección he priorizado la linealidad y la funcionalidad por lo que he decidido usar un sensor de temperatura tipo RTD, de los denominados pt100, que tiene una salida de 4-20mA y se puede alimentar en un rango de entre 10 a 35 V en corriente continua. El modelo escogido es el Easytemp TMR31 (Endress, s.f) equipado con un transmisor que transforma la salida del Pt100 a 4-20mA, su código de referencia TMR31-A1AAAAX1AAA el cual mide un rango de temperaturas de entre -50 y 150 grados lo que es perfecto para nuestra aplicación. En el anexo 1 podemos ver la totalidad de las características técnicas.



Figura 15 Sensor de temperatura

Sensor de humedad

Para el sensor de humedad vamos a pedir que tenga unas características parecidas al sensor de temperatura, salida analógica en corriente para no tener problema con la distancia, y que se pueda alimentar o con la salida del PLC o con una fuente de alimentación que también sirva para el sensor de temperatura.

Me he decantado por un sensor de humedad del fabricante Sensovant. (Sensovant, s.f) El sensor es el EE210 del cual adjunto las especificaciones técnicas en el anexo 2. Es un sensor que trae la opción de medirse con una sonda de 1,5 o de 3 metros, por lo que elegiremos la opción de 3 metros. Este sensor tiene la característica de medir tanto la humedad como la temperatura desde la sonda, y se puede pedir con display o sin display, lo pediremos con display para que los operarios puedan saber con un rápido vistazo las condiciones de la celda de cría. El número del modelo con esas características quedaría:

Position 1: EE210-HT6xPCxDx-UwTx005M ; Position 2: EE210P-HTCB

Queda resumido en la tabla de la figura 16 las características elegidas:

Modelo : Humidity+Temperature Probe	
Formato salida : 4-20mA	
Encapsulado: standard	
Tipo : remote probe (Pos. 2)	
Display: Display	
Escala salida 1: relative humidity	Escala 1: 0...100% RH
Escala salida 2: temperature	Escala 2: 0...100°C
Unidad: metric	
Longitud del cable: 3 m	
Filtro: membrane	

Figura 16 Tabla de características del sensor de humedad

Sensor para tolva de pre-triturado

En la tolva que da paso al proceso de triturado se instalará un sistema de sensores el cual tiene que mostrar la cantidad de materia que hay acumulada endicha tolva, para al llegar a cierta cantidad, abrirse y poner en marcha la trituradora y la secadora.

Las alternativas que se barajan para acometer esta instalación son:

- Uso de galgas extensiométricas o de celdas de carga
Esta opción consiste en la instalación de celdas de carga en los apoyos de la tolva, con lo que se sabría exactamente cuanta cantidad de larvas hay almacenadas. Esta señal sería medida por el PLC y cuando se llegara a la cantidad prefijada se abriría la tolva y se encendería la trituradora.
Las ventajas que tiene esta configuración son la posibilidad de saber en cada momento cuantos kilogramos de materia hay y la posibilidad de adecuar el punto de abertura de la tolva desde la sala del operador, sin hacer modificaciones en la instalación.
- Uso de sensores de proximidad láser
Otra opción para saber en cada momento que cantidad hay de materia es el uso de un sensor de proximidad láser ubicado en la parte de arriba de la tolva y colocado el haz láser de forma vertical y hacia abajo. Según la tolva se vaya llenando el sensor de proximidad detectaría que la distancia a la que hay objetos (en este caso larvas) es menor, por lo que sabiendo las dimensiones y la distancia dada por el sensor, podemos calcular fácilmente la cantidad de materia presente.

Las ventajas que tiene este sistema es la simplicidad de la configuración y la posibilidad de saber cuánta materia hay en cada momento, la desventaja es que puede no llenarse uniformemente la tolva por lo que incurriríamos en cierto error de medida

- Uso de barreras fotoeléctricas

La tercera opción y la más sencilla es la utilización de barreras fotoeléctricas en la zona límite de llenado de la tolva, lo óptimo sería usar más de una colocadas en extremos de la tolva. Al irse llenando la tolva la materia contenida en ella bloquearía el haz de luz al llegar a cierta zona y se dispararía la apertura de la tolva.

Este sistema no nos permite saber la cantidad de materia que hay en cada momento ni tampoco nos permite cambiar el punto de apertura de la tolva de forma remota.

Esta configuración no es óptima para el trabajo que queremos realizar, pero podría ser una buena medida de seguridad si fallara el otro sensor.

Después de analizar las diferentes posibilidades he decidido decantarme por el sensor de proximidad láser.

Se ha escogido el sensor láser por su simplicidad en la instalación, ya que usando las celdas de carga habría que usar una en cada apoyo de la tolva, necesitando una electrónica que aglutinara las 4 señales y las tradujese a señales de corriente. Se ha elegido esta configuración también porque no se necesita una medición exacta de la cantidad de materia a procesar, con tener una aproximación es suficiente ya que la trituradora y la secadora funcionarán un poco más o un poco menos.

Esta instalación de tolva con sensor sirve para no tener todo el tiempo la trituradora y la secadora en marcha, con el consiguiente ahorro energético que esto acarrea.

El sensor láser deberá contar con la electrónica pertinente para tener una salida 4-20 mA para poder conectarlo al PLC y que no afecte la distancia a la que esté este.

Se graduará el sensor y el PLC de tal forma que cuando la cantidad de larvas llegue a una cierta altura se active la trituradora, haciendo bajar el nivel de larvas, hasta que llegue a una determinada altura la cual también será medida por el sensor y el PLC detendrá la trituradora. Estas alturas dependen de la geometría de la tolva de pre-triturado y de la capacidad de procesado de la trituradora y la secadora.

El modelo elegido ha sido el DT50-P1123, del fabricante SICK,(Sick, s.f) el cual nos ofrece una salida en corriente de 4 a 20 mA, rango de medición hasta los

10 metros y una tensión de alimentación entre los 10 y los 30 V, en el anexo 4 adjunto todas las especificaciones técnicas de este equipo.

Para el conexionado se usará un cable con conector hembra M12, de 5 metros suministrado por el fabricante SICK con número de serie DOL-1205-W05MAC



Figura 17 Sensor de proximidad

Alimentación de sensores

Para alimentar a los sensores se necesitará una fuente de energía la cual nos proporcione entre 15 y 30 V que es el intervalo en el que los sensores que hemos utilizado trabajan, normalmente se suelen alimentar con 24 voltios por lo que se alimentarán a ese voltaje.

Para la alimentación de estos sensores tendremos dos alternativas:

- Alimentación con la fuente de alimentación del PLC
- Alimentación con una fuente de alimentación externa al PLC

Para la cantidad de captadores o sensores que hemos usado en este proyecto con la fuente de alimentación que viene incluida en el PLC sería suficiente ya que el consumo que tendríamos no superaría los 15W, pero para posibles ampliaciones y mejoras se ha decidido usar una fuente de alimentación externa.

Esta fuente de alimentación externa estará conectada a 220V y transformará ese voltaje en los 24V que se usará en los sensores.



Figura 18 Fuente de alimentación

Analizando el precio de las fuentes de alimentación en el mercado se ha decidido usar para este proyecto una que esté sobredimensionada para las posibles ampliaciones y demás celdas de cría que se integren en el proyecto, por lo que se ha decidido usar uno de 240W. El modelo que se ha decidido usar es el NDR-240 del fabricante Mean Well USA, Comercializado por el distribuidor Digi-Key

Electronics (Digi-Key Electronics, s.f). Las especificaciones de la fuente de alimentación externa están resumidas en el anexo 6 de esta memoria.

Relés

Para hacer conmutar un equipo de apagado a encendido se usarán relés, estos equipos cuando se les manda una señal eléctrica crean un campo electromagnético que hace conmutar de apagado a encendido a un equipo, para más información se puede consultar areatecnología (sf).

De los diferentes tipos de relés que hay en el mercado vamos a usar los más básicos, llamados relés sin enclavamiento, lo cual significa que nuestro relé cuando le llegue una señal eléctrica excitará la bobina y conmutará el relé manteniendo la conmutación hasta que deje de llegar la señal eléctrica.

El equipo que se usará se necesita que venga adaptado para incluirlo en un carril DIN para mantenerse en el mismo armario que el PLC.

El equipo elegido es del fabricante RS componentes, (RSComponentes, s.f) modelo: Phoenix Contact RIF-0-RPT-24DC/21, SPDT, bobina 24V dc, Carril DIN.

Es un relé que funciona con una corriente continua de 24V y podemos encontrar sus características técnicas en el anexo 3 de este proyecto.

Válvula hidráulica

Para el correcto funcionamiento del equipo de adición de agua a la celda de cría es necesario disponer de una forma de automatización de este proceso, para ello se ha optado por la utilización de un conducto conectado a la toma de agua general y una válvula con un actuador electrónico encargada de regular el paso o no de agua por el conducto.

Esta válvula permitirá o no el paso de agua por el conducto destinado para ello, para conseguir este fin tendrá que tener un actuador el cual será excitado por una señal gobernada por el PLC, con lo que conseguiremos automatizar este proceso de una forma óptima. Será importante por la topología del proceso que la válvula sea normalmente cerrada para solo activarla cuando sea necesario con el consiguiente ahorro de energía.

La válvula que he elegido es del fabricante GENE BRE, (Genebre, s.f) siendo una válvula de 2 vías, N.C y de acción mixta, el número del artículo es el 4635 y el modelo elegido sería el: 4635 04 220V, el cual tiene una medida de $\frac{1}{2}$ ' y la bobina se excita con un voltaje de 220V. En el anexo 5 adjunto la documentación técnica de este equipo.

3.2 Conexión de los equipos

En este apartado explicaré la conexión de todos los equipos utilizados así como los diferentes equipos auxiliares que usaré para el conexionado. Cabe destacar que todos los cables irán entubados para evitar el desgaste que pudieran ocasionar los ratones.

La alimentación que tendrá la fábrica será a 220 V la cual reduciremos a 24 V con una fuente de alimentación Ac/Dc.

La tensión de 220 V se usará tanto en las cintas transportadoras, en la alimentación del PLC, como en las máquinas (tritadora y secadora).

La tensión de 24 V se usará en los sensores y actuadores controlados por el PLC.

Alimentación a 220 V

En este proyecto se va a alimentar a 220 Voltios en corriente alterna varios equipos, diferenciaremos entre ellos los equipos alimentados en bifásica que quedan representados en el plano 5 mediante un esquema unifilar, y los equipos alimentados en trifásica, cuales están representados en el plano 3 y 4 mediante un esquema multifilar.

En los planos 3 y 4 se ve la alimentación a 220 Voltios de diferentes equipos de la planta, en este caso son los motores de las máquinas que realizarán los diferentes procesos, se ha representado con una representación multifilar para diferenciarlos de la alimentación bifásica y para resaltar las medidas de protección y seguridad.

Como medidas de seguridad y protección se han instalado:

- Un seccionador al inicio de la línea, el cual sirve para desconectar de manera física y visible el tramo de línea que va a continuación, de manera que se puedan realizar trabajos de mantenimiento con seguridad, o para dejarlos desconectados.
- Al inicio de la línea del equipo M5 el cual corresponde a un calefactor, se puede ver instalado un magnetotérmico, que sirve para proteger al circuito de posibles sobretensiones y cortocircuitos. Estos componentes también permiten una desconexión manual, lo que aísla una parte del circuito, para realizar tareas de mantenimiento.

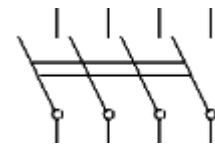


Figura 19 Seccionador



Figura 20 Magnetotérmico

- Justo antes del magnetotérmico nos encontramos con los diferenciales, que son los equipos encargados de proteger a las personas por el contacto con partes activas de la instalación o por contacto con elementos sometidos a potencial debido a una derivación.

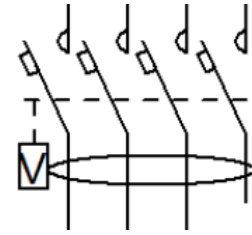


Figura 21 Interruptor Diferencial

- Guardamotor: Este equipo está instalado al inicio de cada una de las líneas en las cuales hay un motor trifásico, este equipo es parecido al magnetotérmico ya explicado, ya que protege a la línea de posibles cortocircuitos y sobretensiones, pero está especialmente diseñado para trabajar con motores eléctricos ya que tiene una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobreintensidades típicas de los arranques de los motores eléctricos.

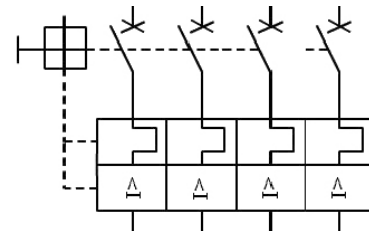


Figura 22 Guardamotor

- Relé térmico: El único relé térmico instalado en esta instalación está emplazado en la línea del calefactor para poder proteger de una forma más completa este equipo frente a sobretensiones. En los demás motores no se ha instalado ya que ya llevan guardamotor que es mucho más completo, incluyendo los efectos del relé térmico.

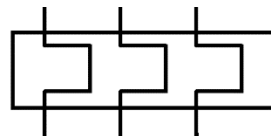


Figura 23 Relé térmico

El plano 4 es la continuación del plano 3, ambos son esquemas multifilares en los que se expresa el conexionado de los motores eléctricos que se van a usar en la instalación:

- Plano 3: En el plano 3 se puede ver la cinta de alimentación (M1), gobernada por un interruptor el cual responde a la excitación de la bobina KM1, bobina e interruptor constituyen el relé KM1. Se observa a su vez la trituradora (M2), la secadora (M3) y la cinta del almacén (M4), estas 3 máquinas estarán gobernadas por el interruptor del relé KM2. Se ve el siguiente equipo que es el

calefactor (M5), el cual se enciende cuando es excitada la bobina KM3

- Plano 4: En este plano se resume la instalación proyectada para la renovación del aire de las celdas de cría, se puede ver tanto el ventilador interno (M0), el cual está gobernado por el interruptor PO el cual se activa desde el interfaz de usuario de forma manual sin pasar su señal por el PLC, ya que tiene que estar encendido continuamente, también se ve tanto la bomba de aire (M6) como los 3 extractores de aire, (M71, M72 y M73) que se activan con el relé KM4

A su vez se han instalados protecciones consistentes en un magnetotérmico y un diferencial antes del PLC, la válvula de agua y la fuente de alimentación que transforma de 220 V en alterna a 24V en continua, equipos que se pueden encontrar en el plano 5.

Como podemos ver en el plano 5, contenido en el apartado de planos de esta memoria, usaremos una alimentación a 220V bifásica para alimentar varios equipos, esta alimentación proviene de una rama del plano 3.

Esta tensión la usaremos para alimentar los equipos contenidos en dicho plano. Quedan resumidas las referencias en la siguiente tabla y en la continuación del texto se explicará con detenimiento cada rama.

Ref.	Denominación
PLC	PLC
F.A	Fuente de Alimentación
M8	Válvula de rociadores

Figura 24 Tabla de componentes mostrados en el Plano 3

- PLC: este equipo se alimentará a 220V por los bornes designado para ello; internamente este equipo dispone un transformador a 24 V el cual se encarga de suministrar el voltaje que requiere tanto la Unidad Central de proceso como los diferentes módulos electrónicos conectados.
- Fuente de alimentación: Este equipo caracterizado por las siglas F.A tiene la misión de transformar los 220 V a 24 V, voltaje que usaremos en los sensores que nos darán las mediciones del proceso. Se usará a su vez esta fuente de alimentación para dar tensión a los pulsadores y selectores que conformarán las entradas digitales del PLC, explicadas en el Plano 6 y 7.
- Rociadores (M8): La segunda rama del esquema del plano 3 corresponde a la alimentación de la bobina de los rociadores la cual estará gobernada por el relé K5 según se ve en el esquema. Este

relé cuando se active excitará la bobina de la válvula de agua lo que dejará pasar el agua por ella haciendo que llegue dicho agua a la celda de cría mediante los rociadores instalados en ella.

Alimentación a 24 V

En este apartado voy a explicar los componentes y los esquemas ilustrados en los planos 6,7 y 8, incluidos en el apartado de planos de este proyecto.

Dicho esquema eléctrico contempla la alimentación a 24 V, voltaje extraído de la fuente de alimentación caracterizada con la referencia F.A y alimentado a 220V.

Esto esquema ilustran y explican el funcionamiento del PLC y de los diferentes componentes que en él van conectados siendo los principales los selectores, pulsadores y sensores, y las salidas del PLC siendo todas salidas a relé.

En el plano 6 se pueden ver las entradas digitales del PLC, las cuales corresponden a pulsadores y selectores, que están conectados a la línea de 24 V y a las diferentes entradas del PLC. En la tabla de la figura 25 se puede ver la relación de componentes, para lo que sirve y la entrada del PLC a la que ataca.

Ref.	Entrada PLC	Denominación
S1	I0.1	Selector Auto/Manual
S2	I0.6	Selector Marcha/Paro
P1	I0.0	Seta de emergencia
P2	I0.2	Pulsador cinta alimentación manual
P3	I0.3	Pulsador trituradora, secadora y cinta de almacén manual
P4	I0.4	Pulsador activación de rociadores manual
P5	I0.5	Pulsador bomba de aire y extractores manual
P6	I0.7	Pulsador de activación del calefactor manual

Figura 25 Tabla de componentes del plano 6

- Selector Automático-Manual: Selector que servirá para pasar al modo manual o automático, estará conectada la patilla de automático a la entrada .1 del autómata, por lo que el autómata podrá discernir si le llega corriente o no
- Selector Marcha-Paro: Este selector estará cableado igual que el anterior selector, solo estará conectado al autómata la patilla de marcha por la entrada .6. Este selector servirá para detener o poner en marcha todos los procesos.

- Seta de Emergencia (P1): Como medida de protección se ha instalado una seta de emergencia que al ser pulsada interrumpe inmediatamente todos los procesos deteniendo todas las máquinas. Estará conectada al autómatas por la entrada digital IO.0.
- Pulsador cinta de alimentación (P2): Pulsador para en modo manual encender y parar la cinta de alimentación. Estará conectada al autómatas por la entrada digital IO.2
- Pulsador trituradora, secadora y cinta almacén (P3): Pulsador para en modo manual encender y detener a la vez la secadora, la trituradora y la cinta del almacén. Estará conectada al autómatas por la entrada digital IO.3
- Pulsador activación de los rociadores (P4): Pulsador para en modo manual encender y parar los rociadores. Estará conectada al autómatas por la entrada digital IO.4
- Pulsador activación de ventiladores y extractores (P5): Pulsador para en modo manual encender y parar los ventiladores y extractores. Estará conectada al autómatas por la entrada digital IO.5
- Pulsador activación del calefactor: Pulsador para en modo manual encender y parar el calefactor. Estará conectada al autómatas por la entrada digital IO.7.

En la tabla de la figura 26 se ven los componentes del plano7, los cuales se explican a continuación.

Ref.	Entrada PLC	Denominación
TT	IW98	Transductor de temperatura
TH	IW100	Transductor de humedad
TP	IW96	Transductor de proximidad

Figura 26 Tabla de contenido plano 7

- Transductor de temperatura (TT): Sensor que capta la temperatura interna de la celda de cría y la traduce a 4-20 mA lo cual es captado por el módulo auxiliar instalado. Estará conectada al autómatas por la entrada analógica IW98
- Transductor de humedad (TH): Sensor que capta la humedad interna de la celda de cría y la traduce a 4-20 mA lo cual es captado por el módulo auxiliar. Estará conectada al autómatas por la entrada analógica IW96.
- Transductor de proximidad (TP): Sensor que mide la distancia hasta el fondo de la tolva de pre-triturado, cuando esta se va llenando la distancia se reducirá. Traduce la distancia a una señal analógica desde 4mA a 20mA. Estará conectada al autómatas por la entrada analógica IW100, perteneciente al módulo auxiliar instalado.

El tercer plano que está sometido a una alimentación a 24 v en continua es el plano número 8, que corresponde a las salidas digitales del autómat. En este plano está expresado la salida que activa cada uno de los componentes ilustrados. En la tabla de la figura 27 se puede ver la relación de componentes del plano y la salida que lo activa. Y a continuación se explicará cada una de las conexiones.

Ref.	Salida PLC	Denominación
KM1	Q0.0	Relé cinta de alimentación
KM2	Q0.1	Relé trituradora, secadora y cinta del almacén
KM3	Q0.3	Relé activación del calefactor
KM4	Q0.4	Relé de activación de la ventilación forzada + extractores
KM5	Q0.5	Relé de encendido de rociadores
A.	Q0.2	Señal de alarma

Figura 27 Tabla de componentes del plano 8

- Relé cinta de alimentación (KM1): Bobina del Relé K1 el cual cuando es excitado hace que circuito de la cinta transportadora de comida hasta las celdas de cría se cierre, encendiendo la cinta. Todos los relés siguientes realizan la misma operación que éste. Estará conectada al autómat por la salida digital Q0.0
- Relé trituradora, secadora y cinta de almacén (KM2): Estará conectada al autómat por la salida digital Q0.1
- Relé activación del calefactor (KM3): Estará conectada al autómat por la salida digital Q0.3
- Relé activación ventilación forzada + extractores (KM4): Estará conectada al autómat por la salida digital Q0.4
- Relé de encendido de rociadores (KM5): Estará conectada al autómat por la salida digital Q0.5
- Señal de alarma (A.): Esta señal de alarma estará conectada a la salida Q0.2 del autómat, servirá para alertar de situaciones potencialmente peligrosas para la vida de las larvas, estas situaciones serán detectar una temperatura excesiva y detectar una humedad excesiva en la celda de cría.

Armario

Una vez explicado todo el conexionado de los equipos se va a explicar la forma de colocarlos en el armario.

Se usará una placa de montaje de medidas 1000x500x3 mm, a la cual irá ensamblado 4 carriles Din modelo Ts de 35mm, se ensamblará la puerta con bisagras y aislante en las juntas.

En lo respectivo a la colocación de los equipos se seguirá la forma marcada en el plano 9. En este plano podemos ver en el primer carril din de izquierda a derecha los equipos de corte y protección de la fuente y del PLC, también se ve la fuente de alimentación y a continuación el PLC con su módulo analógico.

Se dejará 25 mm mínimo de distancia entre el PLC y los demás componentes para que se pueda producir la convección que enfríe el dispositivo.

En el segundo carril din se pueden ver todos los guardamotores de cada uno de los motores empleados, en el tercer carril se ven los diferenciales usados, uno para cada motor, y en el último carril se ve el magnetotérmico que lleva el calefactor, ya que no tiene guardamotor y los relés que posibilitan la conexión de los motores.

En la puerta del armario colocaremos los selectores y los pulsadores pertinentes para el control de las entradas y salidas de forma física y manual, la forma de colocarlos se ve en el plano 10.

Control de la planta

Para el control de la planta por parte de los operarios se van a proponer una solución usando un PC con un programa informático el cual se conecte con el PLC y active o desactive las entradas además de tener presente la lectura de los sensores. Este interfaz de usuario se puede realizar directamente desde internet en la página web del PLC, donde se podrán controlar las entradas y las salidas. También existe la posibilidad de crear una imagen HMI del proceso para su control.

El punto fuerte de la pantalla HMI es la simplicidad y lo intuitivo del proceso, lo que facilita en gran medida la tarea de los operarios, pudiendo contratar personal menos cualificado lo que reduce los costes de mano de obra, además de poderse controlar directamente desde el PC sin tener que adquirir pantallas dedicadas.

La imagen HMI para el control de la planta consistirá en un mapa esquemático de proceso, en el cual se incluirán los sensores y desde el cual se podrá incidir directamente en el proceso por medio de las entradas del PLC.

En la figura 28 se muestra una opción del esquema de la planta tal y como se vería en la herramienta final usada por los operarios. Este esquema no ha sido realizado con la herramienta HMI siendo meramente un esquema informativo de la forma que tendría que tener cuando se realizasen en el programa.

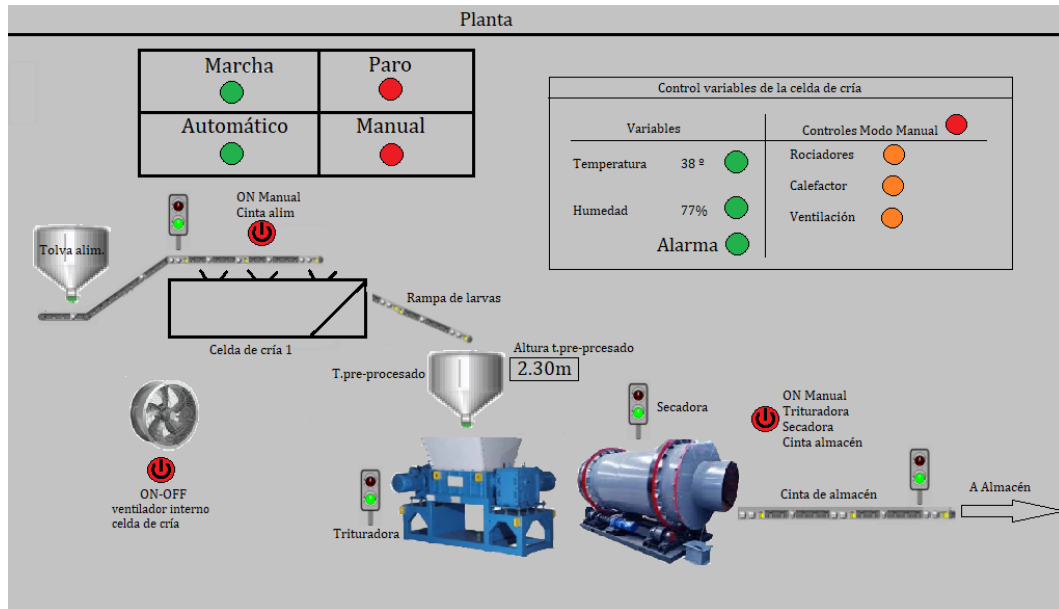


Figura 28 Modelo de pantalla HMI

Desde el armario de control de la planta, el cual contiene los equipos físicos también se podrá efectuar un control manual, mediante los diferentes pulsadores y selectores, los cuales son mostrados en el plano 10.

3.3 Elección del PLC

Una vez elegidos todos los componentes necesarios para llevar a cabo la automatización y por consiguiente de haber decidido la cantidad de entradas y salidas que se necesitan, se puede decidir que módulo central y qué módulos auxiliares se necesitan.

Como se observa en apartados anteriores de este proyecto vamos a necesitar:

- 8 entradas digitales
- 3 entradas analógicas
- 6 salidas digitales

Ya que necesitamos 7 entradas digitales y 6 salidas digitales vamos a elegir el PLC con menos salidas y entradas posibles que nos sirva para este proyecto. El PLC que cumple con estas características es el PLC de Siemens de la familia S7-1200 modelo 1212C AC/DC Rly, el cual tiene un total de 8 entradas digitales 2 entradas analógicas y tiene 6 salidas digitales a relé. Con estas características nos sobraría una entrada digital.

Analizando el PLC propuesto, nos damos cuenta que las entradas analógicas que tiene solo son en tensión, y para este proyecto se necesita que sean en corriente, y que admitan 4-20 mA. Por lo que tenemos diferentes opciones:

- Se puede cambiar el PLC a uno de mayores características que admita entrada en corriente por las entradas analógicas.

- Se puede usar un módulo de entradas analógicas en corriente con 2 entradas y además usar una signal board de una entrada en corriente.
- Se puede usar un módulo de entradas analógicas que tenga 3 o más entradas analógicas en corriente.

La opción más sencilla y viable es la utilización además del PLC una tarjeta de entradas analógicas que sí acepte entrada en corriente, la opción elegida ha sido la SM 1231 AI4 la cual tiene un total de 4 entradas analógicas a 13 bits.

Capítulo 4: Programación

Una vez elegidos los equipos con los que vamos a trabajar empieza el proceso de programar el PLC para que realice los procesos de una forma eficiente y autónoma.

La programación de este proyecto se ha realizado como ya se ha explicado con anterioridad en TIA Portal, usando una programación en lenguaje ladder o lógica de contactos, el cual es uno de los lenguajes de programación más populares dentro de los autómatas programables, ya que está fundamentado en los esquemas de control clásicos.

Para sintetizar el proceso que he seguido programando he realizado un esquema previo a empezar la programación para tener las ideas claras y acometer la programación de una manera óptima, el cual se ilustra en la figura 29.

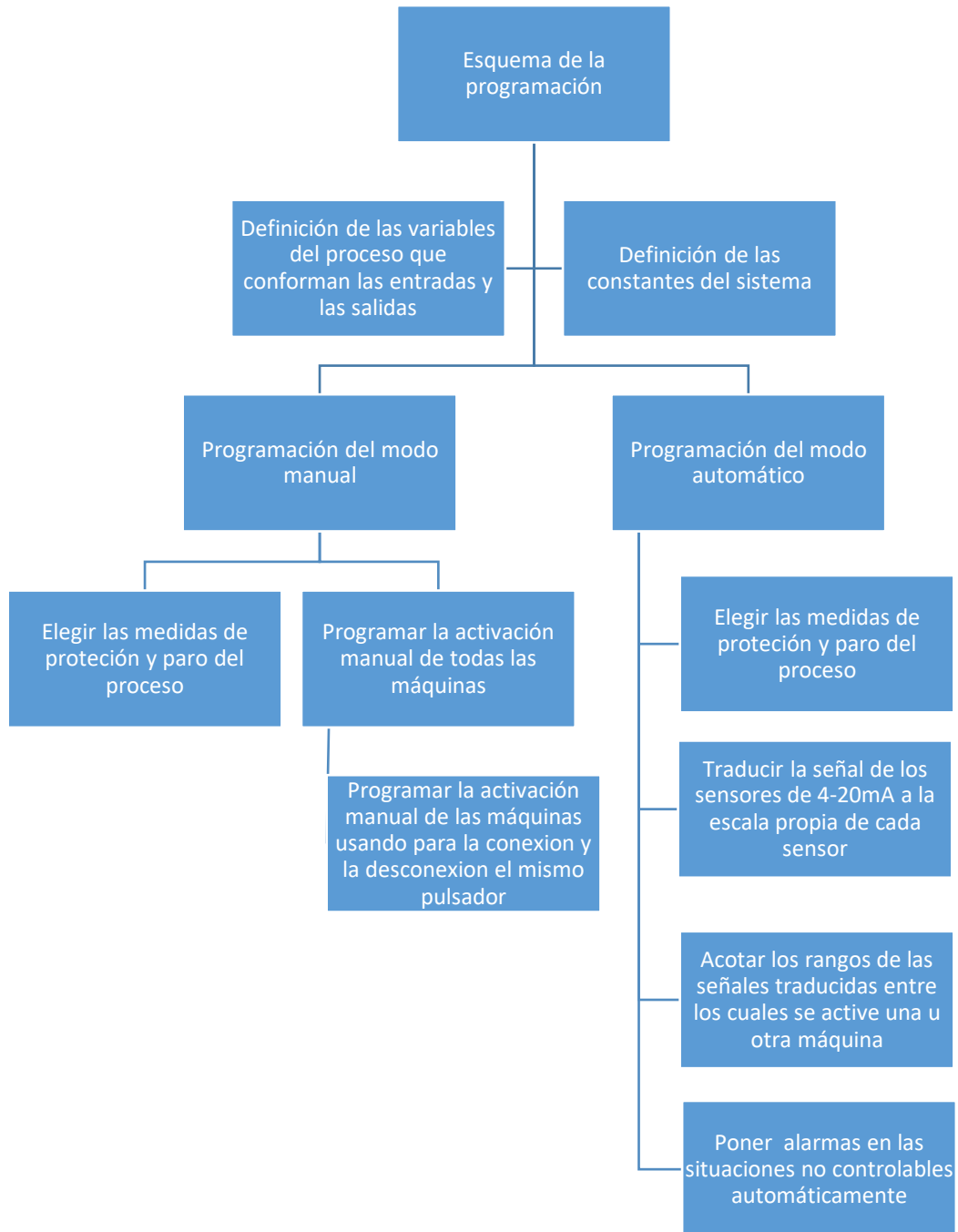


Figura 29 Esquema de programación

Como se observa en la figura 29 se ha dividido la programación en:

- Tareas previas: Como tareas previas cuento la elección de los equipos en TIA Portal y la elección de las variables y constantes
- Programación del modo manual: Consistente en la programación de varios marcha-paro con un solo pulsador para hacer funcionar o parar los diferentes actuadores y máquinas

- Programación del modo automático: El modo automático como bien ilustra el esquema de la figura 29 va a consistir en graduar de una forma idónea los sensores, y poner límites para hacer funcionar un proceso u otro en función de la lectura del sensor

4.1 Tareas previas

Para empezar con la programación del PLC con la herramienta TIA Portal de Siemens abrimos nuevo proyecto y lo primero que necesitamos es seleccionar los equipos, selección de la que ya hemos hablado en apartados anteriores y se ha decidido usar un PLC Simatic S7-1200 modelo 1212C Ac/Dc rly además de un módulo auxiliar de entradas analógicas SM 1231 AI4 la cual nos da 4 entradas analógicas en corriente.

Una vez seleccionados los equipos la siguiente tarea es la de caracterizar las entradas y salidas del PLC con las diferentes máquinas, sensores y actuadores de nuestra instalación, nombrando las variables de las entradas y las salidas para facilitar la programación. En la tabla de la figura 30 podemos ver todas las salidas y las entradas del autómatas con sus nombres

Entradas		Salidas	
PLC	Nombre	PLC	Nombre
I0.0	Emergencia	Q0.0	S. Cinta Alim
I0.1	Auto/Manual	Q0.1	S. trit.sec.alm
I0.2	Cinta Alim	Q0.2	Alarma
I0.3	Trit/Sec/Alma	Q0.3	S.Calefactor
I0.4	Rociadores	Q0.4	S.Ventilación
I0.5	Ventilación	Q0.5	S.Rociadores
I0.6	Marcha/Paro		
I0.7	Calefactor		
IW96	T.Proximidad		
IW98	T.Temperatura		
IW100	T.Humedad		

Figura 30 Tabla Entradas y Salidas del PLC

En la tabla de la figura 30 se pueden ver cada una de las entradas y salidas, y en el apartado de conexionado de equipos sub-apartado alimentación a 24 V podemos ver toda la información referente a estas conexiones y al porqué de cada nombre.

Una vez referenciadas todas las entradas y salidas que necesitamos se añaden las demás variables internas que vamos a usar en la programación, en este caso hemos usado variables internas para la parametrización de los sensores,

que nos sirven para almacenar el valor en la escala parametrizada de cada sensor, y también he usado variables internas para hacer relés internos para efectuar el marcha-paro, todas estas variables se han almacenado en salidas y entradas del autómata que físicamente no existen pero que internamente si se pueden utilizar, como podemos ver en la figura 31 así quedaría la totalidad de las variables usadas en la programación.

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
7	Rociadores	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Ventilación	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Marcha/Paro	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	T.Proximidad	Int	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	S. cinta alim	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	S. trit.sec,alm	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	S.Calefactor	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	S.Ventilacion	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	S.Rociadores	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Interna Temperatura	Real	%ID1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Interna Humedad	Real	%ID2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Interna Proximidad	Real	%ID3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Alarma(1)	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	relé B	Bool	%I2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	relé C	Bool	%I7.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	relé B2	Bool	%I7.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	relé C2	Bool	%I7.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	relé B3	Bool	%I7.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	relé C3	Bool	%I7.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	Relé B4	Bool	%I7.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	Relé C4	Bool	%I7.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28	Relé C5	Bool	%I7.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	Relé B5	Bool	%I8.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	calefactor	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 31 Tabla de variables estándar del PLC

Además de definir las variables de las entradas y las salidas también hay que definir unas constantes de usuario, las cuales nos van a ayudar a cambiar valores constantes, con solo cambiar su valor en esta tabla se cambiarán de todos los sitios donde hayamos hecho referencia a ese valor. He usado estas constantes para definir mínimos y máximos tanto de la temperatura como de la humedad y también he creado contantes para definir a la altura a la que va a ir conectado el sensor de proximidad ya que este depende de la instalación física. En la figura 32 podemos ver la totalidad de las constantes definidas. En los siguientes apartados hablaré de estas constantes con más detenimiento.

ProyectoTFG > PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] > Variables PLC					
Variables PLC					
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Valor	Comentario
1	Distancia inicio trituración	Tabla de variabl...	Int	3000	mm
2	Distancia fin trituración	Tabla de variables e..	Int	5000	mm
3	Mínima humedad	Tabla de variables e..	Int	70	%
4	Máxima humedad	Tabla de variables e..	Int	80	%
5	Mínima temperatura	Tabla de variables e..	Int	30	grados
6	Máxima temperatura	Tabla de variables e..	Int	40	grados
7	<Agrega>				

Figura 32 Constantes de usuario del PLC

4.2 Programación del main

El primer bloque que se tiene que programar es el OB1 o también llamado main, ya que es el bloque principal del programa, siendo el bloque encargado de organizar la programación.

Se ha seguido una programación estructurada, programando 2 bloques de función o FB's para cada uno de los modos en los que trabajará el sistema, siendo estos automático y manual.

El bloque OB1 se ha usado para organizar las llamadas a cada uno de los bloques como se ve en la figura 33 y 34.

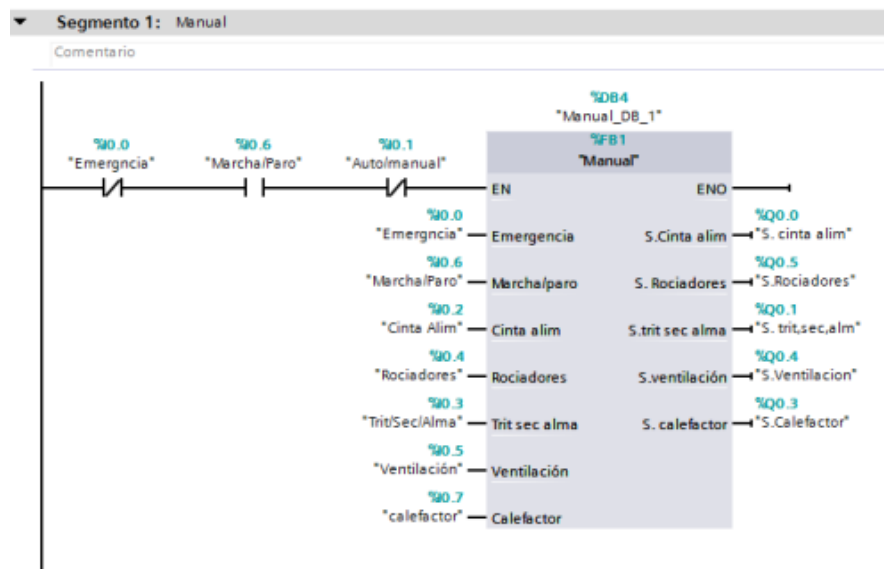


Figura 33 Llamada a la FB 'manual'

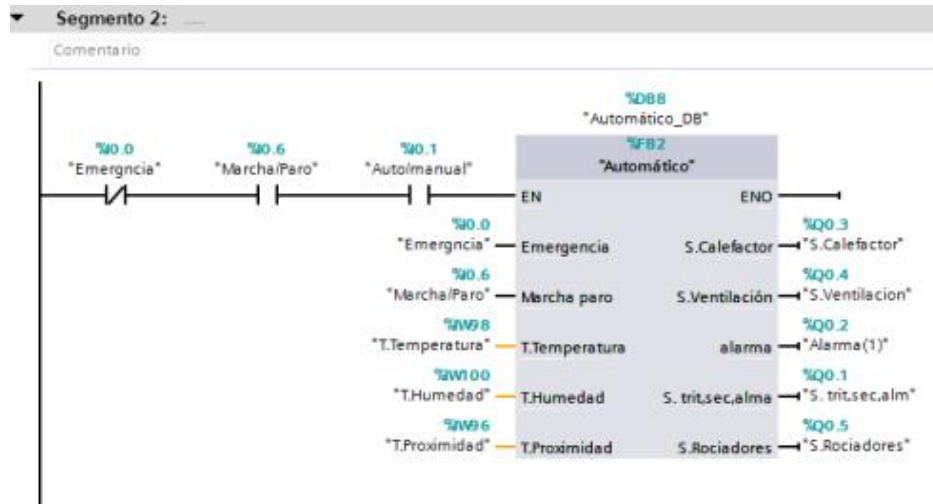


Figura 34 Llamada a la FB 'automático'

Como se puede ver en las figuras 33 y 34 se llama a cada una de las dos funciones cuando la marcha está activada, la seta de emergencia no está pulsada y cuando el selector automático/manual está en una u en otra posición. Se pueden ver a su vez las variables que se han usado en cada una de las funciones.

4.3 Programación del modo Manual

La programación del modo manual se ha realizado siguiendo los pasos detallados en el esquema de la figura 29, primero se ha realizado la programación de las medidas de protección las cuales consisten en la instalación de una seta de emergencia delante de toda la fila de programación, y del selector de marcha paro, el cual sirve para detener de forma total los procesos de forma normal, sin ser en una situación de emergencia.

Este modo manual no es en el que la planta operará de forma normal, se usará para el arranque desde una parada absoluta o para solventar errores que salen fuera de la programación.

Se ha añadido en la programación manual un contacto normalmente cerrado para la señal autom/manual, ya que esta señal provendrá de un selector, el cual cuando esté en modo automático mandará un 1 lógico lo cual hará que ese contactor no deje pasar corriente por lo que no entrará en el modo manual por el contrario si el selector se coloca en el modo manual, mandará un 0 lógico lo cual hará que entre en el modo manual. Esto lo podemos ver en la figura 35, donde ilustra la programación de la activación de la cinta de alimentación y se pueden ver las medidas de protección, a su vez en la figura 35 también podemos ver la forma de activación de la cinta la cual solo precisa de 1 pulsador para su activación y desactivación, ya que dos relés se encargan de hacerlo posible. En la primera pulsación queda energizado el relé B energizando la cinta de alimentación, al soltar queda enclavado el relé B por lo

que sigue energizada la cinta de alimentación. Cuando se vuelve a oprimir el pulsador de la cinta de alimentación, el relé C se energiza haciendo que el contacto normalmente cerrado previo a la cinta de alimentación se abra, cortando la corriente por la cinta de alimentación apagándola.

La programación de la ventilación forzada, en encendido de la trituradora, secadora y cinta de almacén, el encendido de los rociadores y el encendido del calefactor se han resuelto de la misma manera.

En las figuras de la 35 a la 39 se ilustra la programación de la cinta de alimentación, los rociadores, en encendido de la trituradora, secadora y cinta de almacén, la ventilación forzada y el calefactor. La trituradora, la secadora y la cinta de almacén se encienden a la vez y con el mismo pulsador como ya se ha explicado en anteriores apartados.

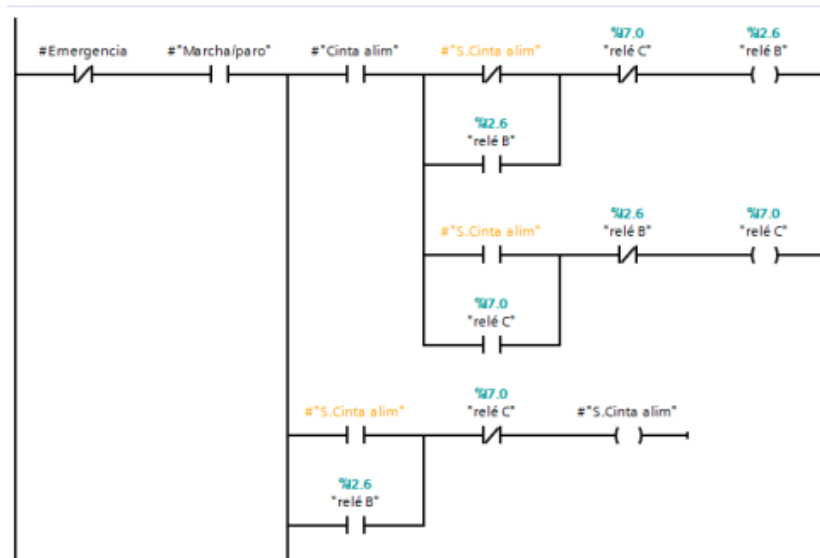


Figura 35 Programación cinta de alimentación modo manual

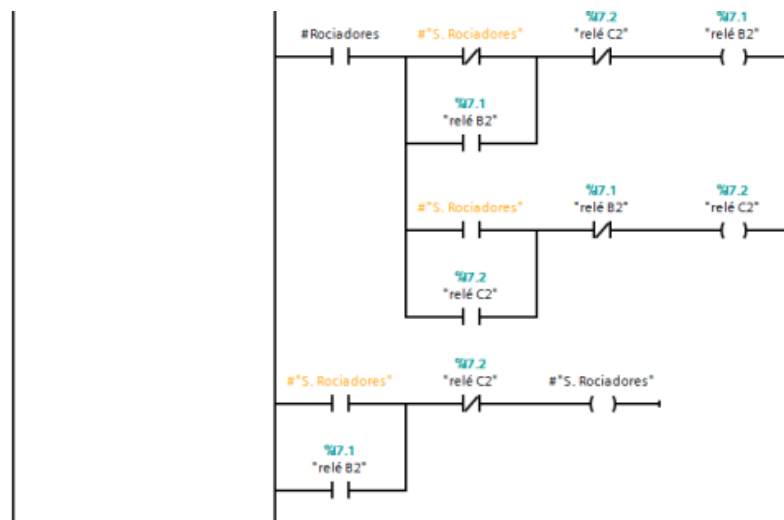


Figura 36 Programación de los rociadores modo manual

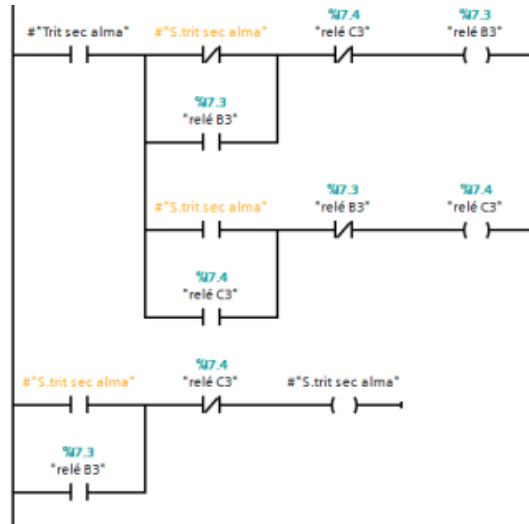


Figura 37 Programación de la trituradora, secadora y cinta almacén en modo manual

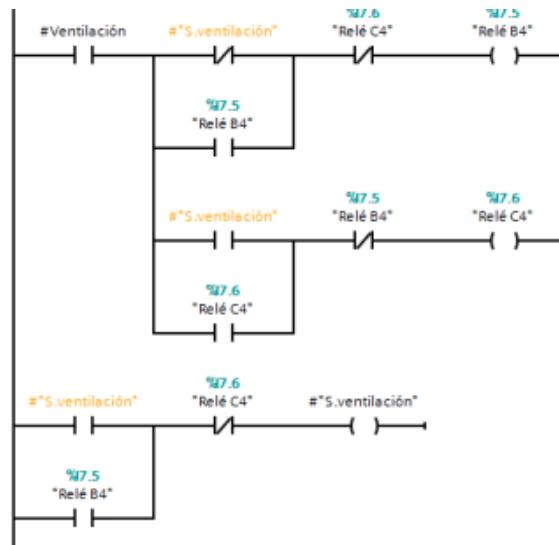


Figura 38 Programación de la ventilación en modo manual

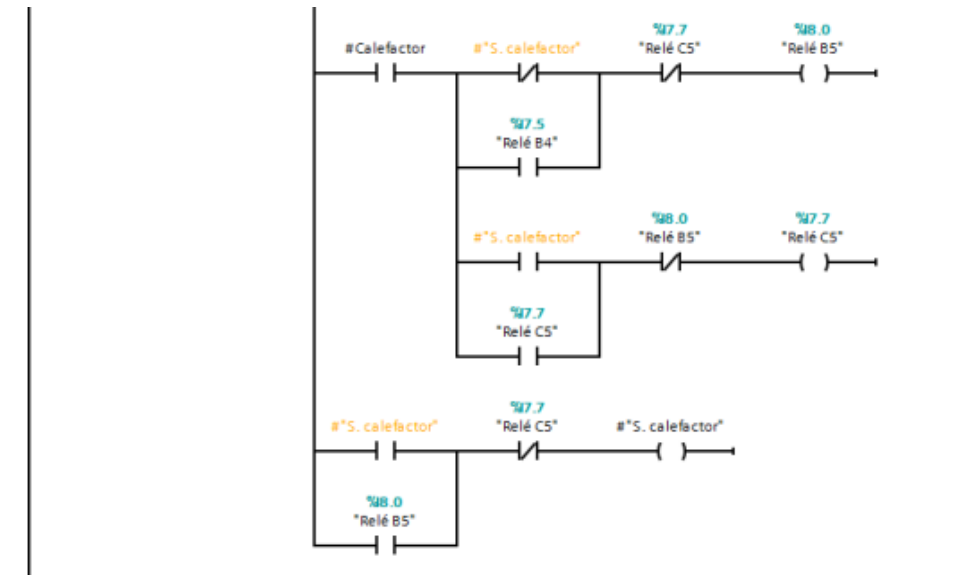


Figura 39 Programación del calefactor manual

4.4 Programación del modo Automático

El modo automático es el modo más deseable, en el que la planta estará, o se desea que esté el mayor tiempo posible, por lo que tiene que ser un modo robusto, con el menor número de errores posible.

Lo primero que se necesita programar en este modo es la forma de entrar a él, cuando el operario presione el selector de automático éste enviará un 1 lógico a la entrada digital I0.1 con lo que en la programación necesitamos poner un contacto normalmente abierto para que entre en este modo. También hará falta al igual que en el modo manual el contacto cerrado de la seta de emergencia y el contacto abierto del marcha/paro general.

Una vez realizado esto he dividido esta programación, como muestro en el esquema de la figura 29 en dos partes importantes, por un lado la parametrización de los sensores y por otro lado acotar las señales de los sensores para encender los diferentes actuadores.

El escalado de las señales de los sensores la he hecho mediante el bloque calculate de TIA Portal. Antes de nada se ha comprobado en las características de las entradas analógicas del módulo auxiliar que se aceptan señales en corriente desde 0 hasta 20 mA, los sensores que se han instalado emiten su señal en un rango de 4 hasta 20 mA. El PLC cuando le llega una señal analógica la convierte en un número desde 0 hasta 27648 lo cual corresponde el 0 con los 0 mA y el 27648 con los 20 mA, como mi sensor solo mide desde 4-20 mA a mi PLC solo le va a llegar valores comprendidos entre el 5530 y el 27648.

Para escalar la señal de los sensores he recurrido a usar la ecuación de la recta que pasa por dos puntos (ecuación 1)

$$\frac{(Valor\ escalado) - (min\ escala)}{(Máx\ escala) - (min\ escala)} = \frac{(Valor\ analógico) - (Valor\ a\ 4\ mA)}{(Valor\ a\ 20\ mA) - (Valor\ a\ 4\ mA)} \quad (1)$$

Y la usaremos en el bloque calculate de Tia Portal que es de la forma que muestra la Figura 40.

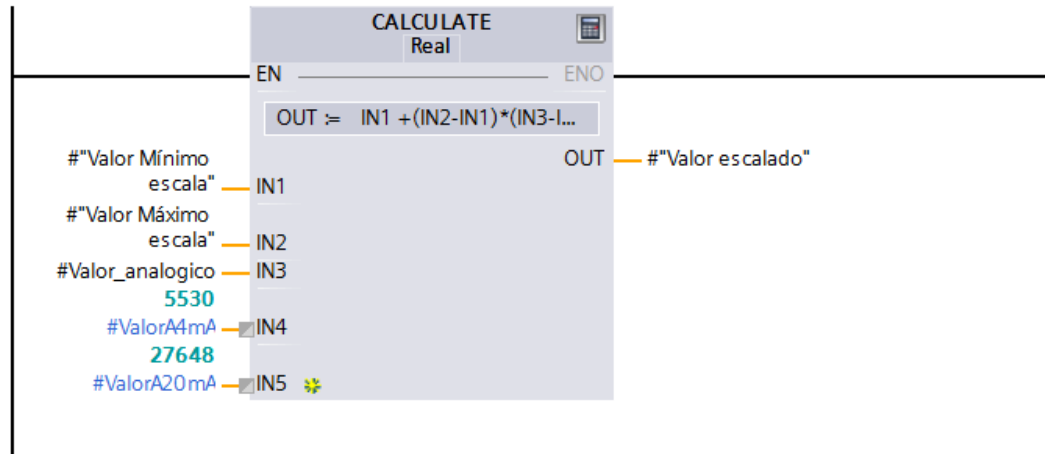


Figura 40 Bloque Calculate

Por lo que para poder escalar la señal tendremos que escribir en el espacio reservado para ello del bloque: $IN1 +(IN2-IN1)*(IN3-IN4)/(IN5-IN4)$, además de escribir los valores en las entradas del bloque como muestra en la figura 40 siendo los valores mínimos y máximos de cada sensor los expresados en la figura 41.

Sensor	Valor
Temperatura	Mín: -50°C
	Máx: 200°C
Humedad	Mín: 0%
	Máx: 100%
Proximidad	Mín: 0 mm
	Máx: 10000 mm

Figura 41 Valores mínimos y máximos de los sensores

Una vez escritos los valores se necesitará crear una variable interna para almacenar el valor calculado del sensor, he creado una variable interna para cada sensor siendo los nombres “Interna Temperatura” para el sensor de temperatura, “Interna Humedad” para el sensor de humedad e “Interna Proximidad” para el sensor de proximidad.

En la ilustración 42 podemos ver el escalado realizado en los tres sensores que tenemos en este proyecto. Se han utilizado contantes definidas en el programa para caracterizar los valores mínimos y máximos de cada sensor, para ser más sencillo su modificación.

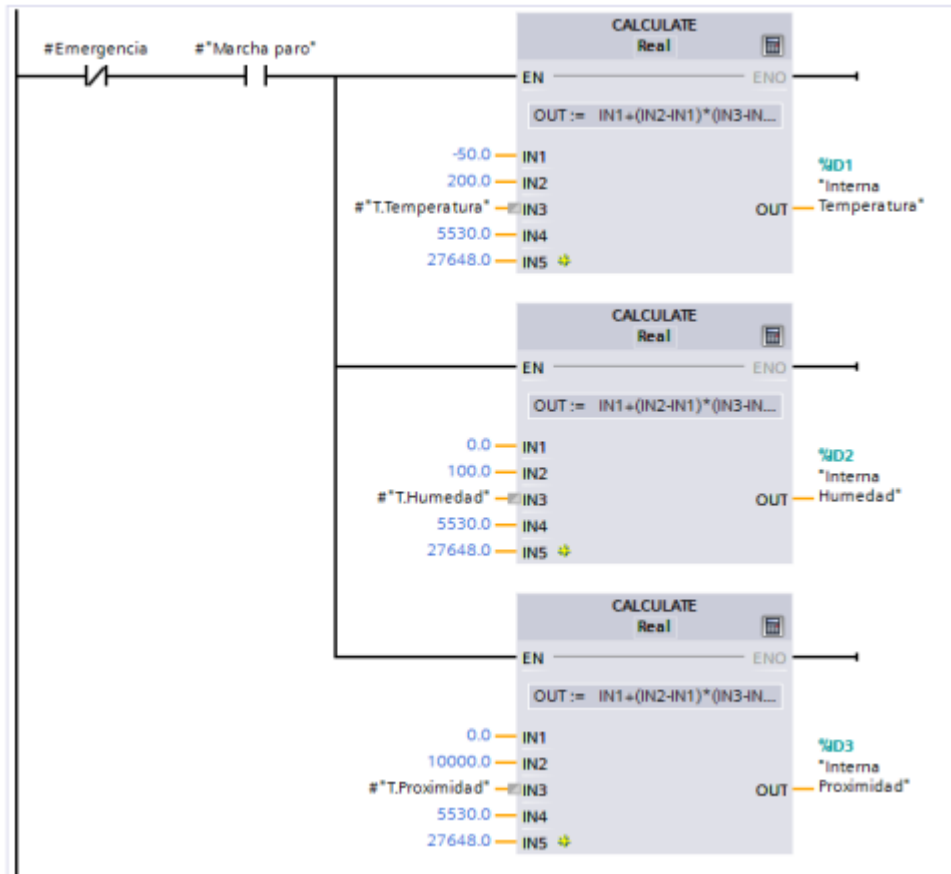
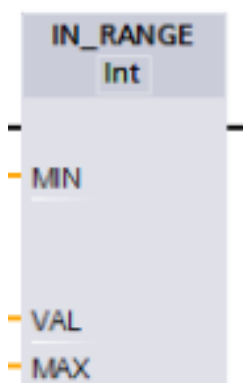


Figura 42 Escalado de los sensores

En este momento ya tenemos una variable en la que se van a ir almacenando los valores medidos por cada sensor en la escala real de cada sensor, por lo que esa variable la podremos usar para acotar cuando encenderemos un actuador o encenderemos otro, para realizar esa operación vamos a usar el bloque in range de TIA Portal



Este bloque sirve de comparador para señales de números enteros, en la entrada VAL se introduce el valor a comparar, en nuestro caso va a ser siempre la variable con el valor del sensor escalado, y en MIN y MAX se introducirán los valores entre los que tiene que estar el valor introducido en VAL. Si es valor que tome la variable en ese momento está entre el valor min y máx entonces funcionará como un contacto cerrado de lo contrario será un contacto abierto.

Existe un opuesto a este bloque llamado out range que realiza justo lo contrario.

Una vez programado los bloques comparadores voy a explicar como se han como se ha configurado la automatización.

Para la temperatura se ha utilizado tres bloques comparadores in range:

- Rango desde -10 hasta 30 °C: Si en sensor se encuentra en este rango de temperaturas quiere decir que está por debajo de la temperatura idonea, por lo que encenderemos el calefactor y resetearemos la ventilación para asegurarnos que ningun otro proceso la encienda
- Rango de 30 hasta 40 ° C: Esta es la temperatura idónea para el desarrollo de las larvas, por lo que si el proceso se encuentra en es rango no se requiere la activación de nada, resetearemos tanto el calefactor como la ventilación para que ningun otro proceso lo active.
- Rango de 40 hasta 200°C: Estaremos por encima de la temperatura idónea para la cria de las larvas, por lo que encenderemos la ventilación forzada u resetearemos el calefactor, ademas encenderemos la salida Q0.2 activando una alarma para queel operario de la sala de control sepa en que situación estamos y si se requiere activar el modo manual o no.

Esta configuración es la explicación de lo mostrado en la figura 43.

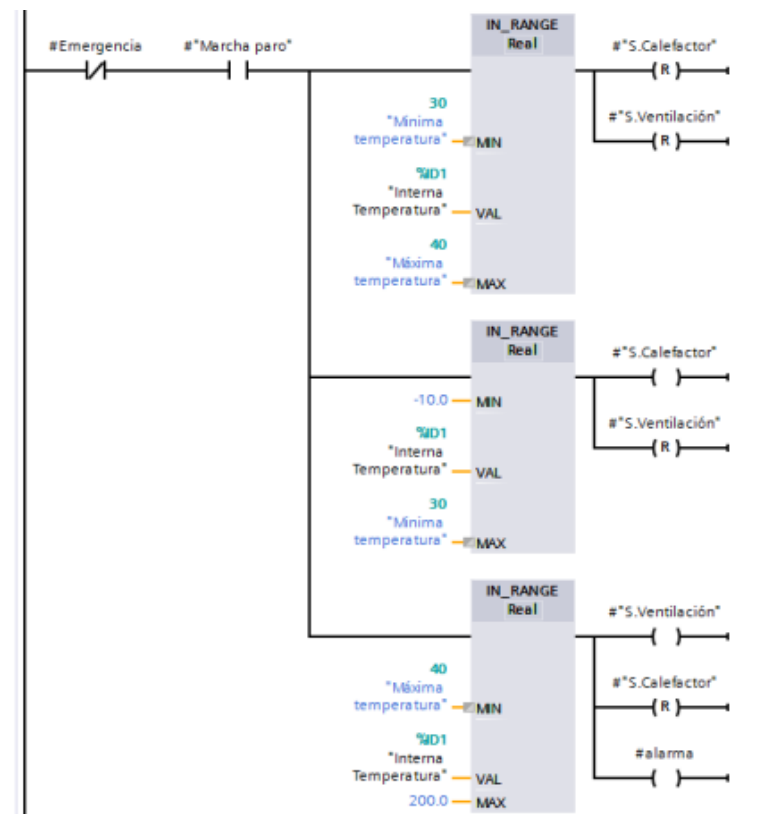


Figura 43 Programación de la temperatura automatizada

Para el control de la humedad se tiene los rociadores que aumentan el grado de humedad de la celda de cría y para en caso de que se necesita por exceso de humedad se podría pasar a modo manual y encender los calefactores y la ventilación lo que reduce el nivel de humedad rápidamente, pero necesita supervisión humana.

En la figura 44 se puede ver la programación de la humedad de la celda de cría, en esta ocasión también estaremos ante 3 rangos

- Rango entre 70 y 80%: Este es el rango idóneo para la cría de este insecto, por lo que se resetearán los rociadores.
- Rango entre 0 y 70 %: En este rango estamos bajos de humedad por lo que se necesitará encender los rociadores, el problema que existe es que la humedad tarda en llegar al sensor de humedad por lo que se han programado unos temporizadores, que harán que en caso de estar baja se activen los rociadores pero solo durante 5 segundos hasta que se vuelva a medir la humedad, este tiempo pueden ser modificable.
- Rango entre 80 y 100%: Es complicado que se llegue a este rango pero en caso de llegar se encenderá una alarma en la sala de control la cual avisará de poner el sistema en modo manual para solventar el error.

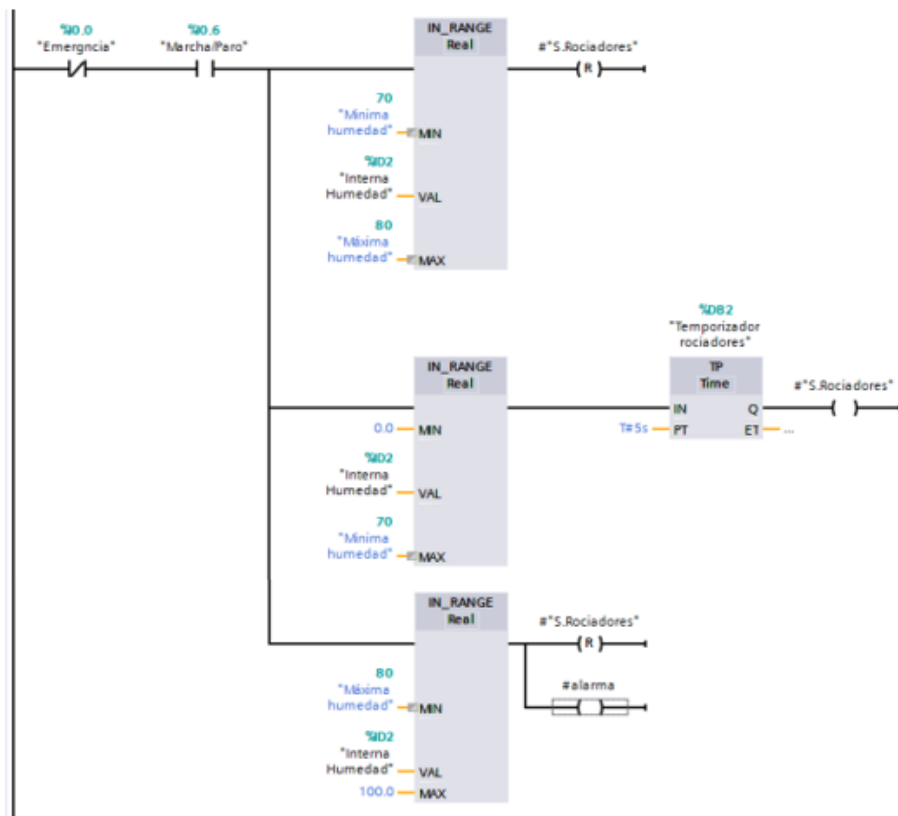


Figura 44 Programación del control de la humedad

Para el control de la altura de la tolva de pre-procesado se ha decidido usar un bloque comparador menor que y otro mayor o igual que, ya que necesitamos que cuando la medición sea inferior a un cierto valor activar la salida Q0.3 y si es mayor o igual a un cierto valor consigna desactivar dicha salida.

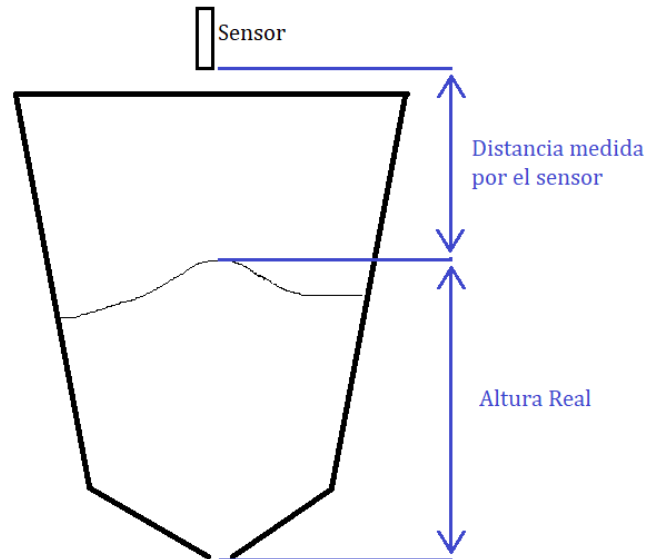


Figura 45 Detalle de la tolva de pre-procesado

Como vemos en la figura 45 en la que se muestra en detalle lo que mide el sensor de la tolva de pre-procesado, podemos fijarnos que el valor medido por el sensor no es la altura real ocupada por las larvas, si no la distancia restante hasta el sensor, como el sensor puede posicionarse a diferentes alturas dependiendo de la capacidad que se elija de dicha tolva, siempre en función del número de celdas de cría usadas, por eso se ha usado una programación con dos constantes, una de ellas es la distancia medida a la que empezará a triturar, que se ha fijado en 3 metros o 3000 mm y la otra constante es la de fin de triturar que se ha fijado en 5 metros. Medidas efectuadas desde el sensor hasta la pila de larvas, es decir distancia medida por el sensor.

En la figura 46 podemos ver el esquema en diagrama de contactos de lo explicado anteriormente, cuando el valor acumulado en la variable "Interna Proximidad" es menor que 3000 o sea 3 metros se enciende la trituradora, la secadora y la cinta que lleva los pellets secos al almacén y cuando al bajar la altura llega la variable "Interna Proximidad" a 5000 o más es decir más de 5 metros se detiene la trituración y el secado.

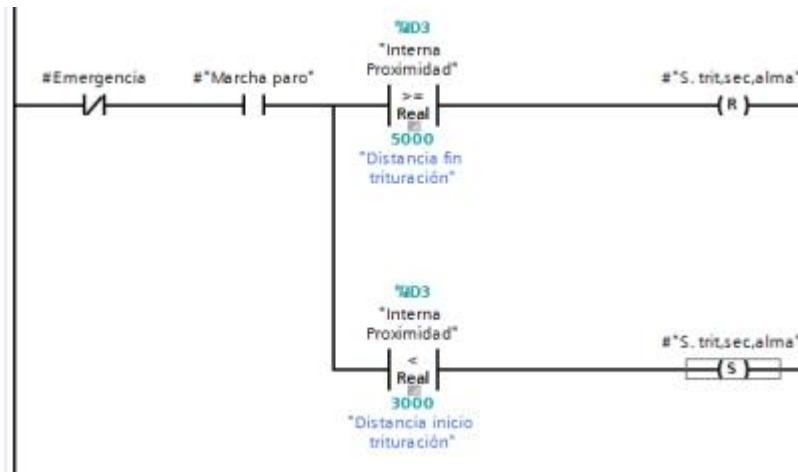


Figura 46 Programación de la tolva de pre-procesado

Capítulo 5: Cálculos

5.1 Cálculo de los m^3 de alimento necesario para satisfacer la demanda de una celda de cría

Para calcular la capacidad que se necesita en las tolvas de alimentación de cada celda primero voy a calcular la capacidad que tiene una celda de cría, sabiendo que solo se puede llenar hasta el 75% de su capacidad y teniendo en cuenta que las larvas reducen la materia orgánica aproximadamente en un 50%.

$$2,55 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 2,55 \text{ m} = 78,03 \text{ m}^3 \text{ cada celda} \quad (2)$$

Como solo se puede usar el 75%:

$$78,03 \text{ m}^3 \times 0,75 = 58,52 \text{ m}^3 \text{ útiles} \quad (3)$$

Como las larvas reducen la materia a la mitad, se necesitará el doble de m^3 de alimento para poder llenar una celda, por lo tanto se necesitará **117 m^3** de alimento para satisfacer la demanda de una celda.

5.2 Cálculo del número de rociadores en el interior de la celda

Podemos ver que en las especificaciones de los rociadores nos muestra que rocían un ángulo de 120 grados y sabemos que los rociadores irán emplazados en el techo de la celda, a 2,55 m, con lo que podemos calcular el radio del círculo irrigado en el suelo y el diámetro ya que es el doble que el radio ayudándonos de la figura 47.

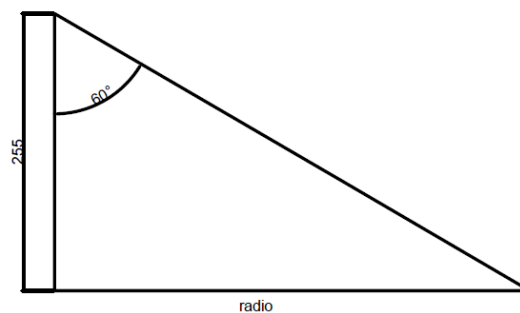


Figura 47 Cálculo del radio irrigado por un rociador

$$\tan(60) = \frac{\text{radio}}{2,55} ; \text{radio} = 4,42 \text{ m} ; \text{diámetro} = 8,84 \text{ m} \quad (4)$$

Hablando de la celda como si fuera en dos dimensiones (alto y largo) un solo rociador regaría de manera uniforme una longitud de 8,84 m. Para saber cuántos rociadores tenemos que poner para que todo el compost quede regado tenemos que saber hasta que altura va a llegar el compost. Vamos a permitir

que se pueda llenar de compost hasta el 75% de su capacidad, por lo que el compost como máximo llegaría a una altura de:

$$2.55 \times 0,75 = 1,91 \text{ m} \quad (5)$$

Con lo que dejaría libres 0,59 m en la superficie. Con estos datos podemos calcular la separación entre los irrigadores para que toda la superficie cuando esté al máximo (75%):

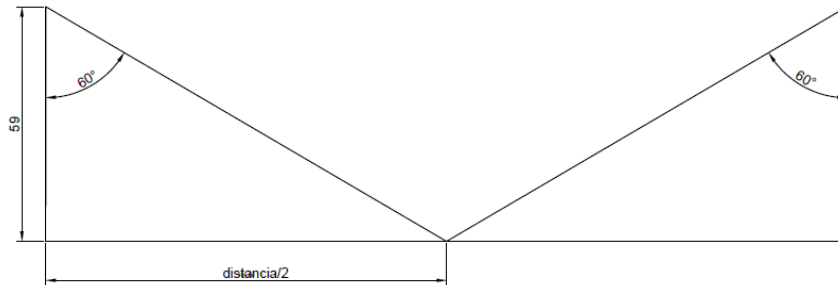


Figura 48 Cálculo de la distancia máxima entre 2 rociadores

Si se cuenta con que los rociadores están en el vértice superior de ambos triángulos, la distancia a la que tenemos que poner los irrigadores será el suma de los catetos inferiores de ambos triángulos si la altura es 0,59 m:

$$\tan(60) = \frac{\text{distancia}/2}{0,59} ; \text{distancia} = 2,04 \text{ m} \quad (6)$$

Como máximo tendrán una separación de 2 metros entre rociadores, pudiendo estar a menos distancia ya que irrigarán más.



MANUAL DE USUARIO



CONTROL DE PLANTA



Capítulo 6: Manual de usuario

Índice de contenido

1. Introducción.....
2. Procesos de la planta	
Celdas de cría.....
Tolva de pre-triturado.....
Trituradora, secadora y cinta de almacén.....
3. Sistema de control.....

Introducción

El presente manual de usuario pretende dar a conocer las principales funciones de la maquinaria además de instruir a los futuros usuarios sobre el manejo de la planta de compostaje de residuos la cual usa la larva del *Hermetia Illucens* como parte activa del compostaje.

Procesos de la planta

Esta planta se compone de varios procedimientos los cuales se explican a continuación:

Celdas de cría

Las celdas de cría son los habitáculos donde residen las larvas, y donde se produce la transformación de los residuos en compost y en materia de las propias larvas. Para ello hay que conseguir que en dichas celdas de cría se mantengan estables unas condiciones de humedad y temperatura idóneas para estos insectos. Estas condiciones son, la celda debe estar siempre entre un 70 y un 80 % de humedad, además tienen que estar en un rango de temperaturas entre 30 y 40 °C, para lo cual se cuenta con:

- Un control automático de la humedad compuesto por rociadores de agua y sensores de humedad
- Un control automático de la temperatura por medio de calefactores y de ventilación forzada
- Un movimiento continuo de aire con un ventilador tubular
- Un sistema de alimentación autónomo que alimenta a las larvas automáticamente.

De estas celdas de cría salen las larvas automáticamente cuando ya son adultas y caen en la tolva de pre-procesado.

Cada día hay que sembrar las celdas de cría con la cantidad de huevos como larvas queremos que salgan después de 14 días.

Las celdas de cría se dejarán de sembrar cuando se supere el 60% de la capacidad de compost de la celda, para dentro de 14 días abrirla y limpiarla por completo, almacenando el compost.

Las celdas tendrán un avisador de alarma que se activará cuando la temperatura o la humedad superen los límites permitidos.

Si ocurriese algún error la instalación se podrá parar con el botón de paro del sistema informático de control, el cual más adelante trataremos en profundidad, o con cualquiera de las setas de emergencia que habrá en las máquinas.

Tolva de pre-triturado

Esta tolva será donde terminen las larvas ya maduras que salgan de la celda de cría. Es el paso previo a la trituración y secado.

Esta tolva tiene instalado un sistema automático para no tener encendida la trituradora continuamente, ya que el llenado de la tolva de pre-triturado no será uniforme.

Este sistema autónomo consiste en un sensor de proximidad que lee qué cantidad de materia tiene almacenada la tolva y cuando llega a un cierto nivel (configurable), hace que se active la trituradora, la secadora y la cinta que lleva los pellets secos al almacén. Con lo que se empezará a vaciar la tolva hasta que llegue a un cierto nivel (configurable) que hará que se paren las tres máquinas haciendo que se acumulen en la tolva de nuevo las larvas

Igualmente que la celda de cría, esta tolva tiene un modo manual con el cual es posible encender la trituradora cuando se desee.

Si ocurriese algún error la instalación se podrá parar con el botón de paro del sistema informático de control, el cual más adelante trataremos en profundidad, o con cualquiera de las setas de emergencia que habrá en las máquinas.

Trituradora, Secadora y Cinta del almacén

Como ya se ha explicado en el anterior apartado estas tres máquinas siempre se encenderán a la vez al ser un conjunto secuencial.

Estas tres máquinas realizarán los siguientes procesos:

- La trituradora molerá al animal, y sacará la pasta molida en forma de pellets que directamente caerán en un secadero de tambor.
- El secadero de tambor rotativo trabaja moviendo la materia y haciendo que pase aire caliente entre ella para secarla. Una vez secos caerán en la cinta transportadora del almacén.
- La cinta transportadora del almacén envía los pellets secos al almacén formando montañas para su posterior envasado.

Si ocurriese algún error la instalación se podrá parar con el botón de paro del sistema informático de control, el cual más adelante trataremos en profundidad, o con cualquiera de las setas de emergencia que habrá en las máquinas.

Sistema de control

La tarea fundamental del operario de la sala de control será la de mantener el proceso funcionando, para ello tendrá que manejar un sistema informático de control consiguiendo mantener todas las variables en unos rangos de valores determinados.



Para ello la planta cuenta con un sistema automático el cual mantendrá los valores en el rango adecuado, pero debido a la aleatoriedad de algunos acontecimientos se puede dar el caso de que este sistema informático no consiga mantenerlos, en ese momento saltará la alarma, y el operario deberá pasar a modo manual y intentar atajar el problema.

Los problemas que pueden surgir son varios, los más importantes son:

- Demasiada temperatura en la celda de cría, si esto ocurriese automáticamente se encendería la bomba de aire que enfriaría la celda, en caso de no poder enfriarla se procedería al cambio de automático a manual que puede hacerse tanto en el armario como en el sistema de control. Una vez en manual se encendería la bomba de aire, y se encenderían los rociadores, elevando la humedad y reduciendo la temperatura. Una vez reducida la temperatura, se intentará eliminar el exceso de humedad. Si no fuese posible con esa medida habría que recurrir a abrir la celda y extraer parte o la totalidad del compost.
- Demasiada humedad en la celda de cría: si esto ocurre el sistema de control no está preparado para atajarlo, por lo que habría que pasar a manual, encender el calefactor y la bomba de aire, con lo que se eliminaría la humedad.

Capítulo 7: Presupuesto

A modo expositivo se ha realizado un análisis del coste económico en el que se incurriría al realizar este proyecto. Se ha dimensionado la instalación para usar una sola celda de cría. Ya que no se requiere obra civil porque se aprovecha un espacio ya construido los costes se dividen en 3 apartados:

- Coste de maquinaria
- Coste de automatización
- Costes de personal

Costes de maquinaria

Elemento	Cantidad	Unidades	Precio unitario	Precio total
Tolva de alimentación	1	Unidad	30.000€	30.000€
Celda de cría	1	Unidad	50.000€	50.000€
Tolva pre-procesado	1	Unidad	20.000€	20.000€
Rampa	1	Unidad	3.000€	3.000€
Cinta transportadora	2	Unidad	3.000€	6.000€
Trituradora	1	Unidad	15.000€	15.000€
Secadora	1	Unidad	13.000€	13.000€
Bomba de aire Capitano 140 Series	1	Unidad	1.200€	1.200€
Extractor de aire centrífugo	3	Unidad	600€	1.800€
Ventilador interior	1	Unidad	700€	700€
Rociadores	5	Unidad	6,95€	34,75€
Calefactor	1	Unidad	352,75€	352,75€

Figura 49 Tabla costes de maquinaria

Costes de automatización

Elemento	Cantidad	Unidades	Precio unitario	Precio total
PLC 1212C AC/DC Rly	1	Unidad	250€	250€
Módulo entradas analógicas	1	Unidad	190€	190€
Sensor de temperatura Easytemp TMR31	1	Unidad	65€	65€
Sensor de humedad Sensovant EE210	1	Unidad	120€	120€
Sensor de proximidad DT50-P1123	1	Unidad	50€	50€

Fuente de alimentación NDR-240 Mean Well USA	1	Unidad	51€	51€
Relé Phoenix Contact RIF-0-RPT-24DC/21	9	Unidad	8€	72€
Válvula hidráulica Genebre 4635 04 220V	1	Unidad	35€	35€
Cableado de señal	150	Metros	4€	600€
Cableado de potencia	150	Metros	6€	900€
Manguera protectora de cableado	200	Metros	2,2€	440€
Seccionador	1	Unidad	42€	42€
Magnetotérmico	2	Unidad	54€	108€
Diferencial	11	Unidad	120€	1.320€
Guardamotor	9	Unidad	52€	468€
Relé térmico	1	Unidad	27€	27€
Armario, borneros, pulsadores y selector	1	Unidad	250€	250€

Figura 50 Tabla costes de automatización

Costes de personal

Elemento	Cantidad	Unidades	Precio unitario	Precio total
Personal de programación	100	Horas	30€	3.000€
Personal de instalación eléctrica	60	Horas	20€	1.200€
Personal de montaje	30	Horas	18€	540€

Figura 51 Tabla costes de personal

Elemento	Total
Coste de maquinaria	141.088€
Costes de automatización	4.988€
Costes de personal	4.740€
Total	150.816€

Figura 52 Tabla costes totales

Capítulo 8: Repercusiones

Todos los proyectos que se realizan inciden en el medio de formas muy diversas, afectan tanto a las personas que se vean afectadas, a la economía y al medio ambiente. Resumiré las principales repercusiones de este proyecto.

8.1 Ambientales

Este proyecto incide de forma muy importante en el medio ambiente de la zona donde se construya la planta e incide de diversas formas. Aunque la principal motivación del proyecto además de la económica es la de contribuir de forma favorable al cuidado del medio ambiente, también tiene ciertas repercusiones perjudiciales para él, pasaré ahora a explicarlas.

Como se ha explicado en el capítulo 1 de esta memoria, la población del mundo está creciendo de forma exponencial, con lo que los residuos generados por los humanos están creciendo de una forma más elevada aun configurando uno de los problemas a los que nos enfrentamos como sociedad. Muchos de estos residuos son biodegradables, pero por su alta concentración de nitratos (purines y excrementos) o por su alta cantidad (residuos urbanos) muchas veces es muy difícil su inclusión en el medio de una manera poco problemática.

Con la motivación de solucionar este problema nace este proyecto, ya que elimina gran cantidad de sustancias perniciosas para el medio ambiente, ofreciéndonos por un lado pienso y por otro lado compost mucho más asimilable por el medio sin generar problemas ambientales de nitrificación.

Analizando lo anteriormente explicado la implantación de esta planta en una zona con granjas intensivas tanto porcinas, como de otras especies ganaderas y/o con una gran ciudad cerca mejoraría en gran medida la calidad del medio ambiente ya que:

- Reduciría los malos olores provenientes de los residuos en descomposición, tanto en los campos de cultivo como en los vertederos.
- Reduciría el problema del exceso de nitrógeno en los suelos, causante de que los suelos se vuelvan estériles por el exceso de nutrientes.
- Reduciría el problema del exceso de nitrógeno en los acuíferos, causante de la eutrofización de las aguas
- Eliminaría en bastante cantidad el problema de la acumulación de residuos

Por estos puntos podemos decir que causaría un impacto ambiental beneficioso para el área donde se implante.

Analizando el proceso destaca la utilización de un insecto para hacer funcionar el proceso, por lo que se podría considerar en cierto modo un tipo de ganadería por criar un animal. Por considerar de esta forma se incurren en ciertos riesgos asociados a la cría de animales.

Por un lado existe el riesgo de un escape masivo o de pequeños escapes de los animales fuera de las celdas y de la instalación. La *hermetia illucens* o mosca soldado negra es un insecto que vive de forma natural en los estercoleros, pilas de compost y vertederos de toda Europa, por lo que pequeños escapes no configurarían ningún problema ambiental, además este insecto solo podría escaparse en su fase adulta, es decir cuando ha dejado de ser gusano ocurriendo la metamorfosis, fase en la que no existe en ningún momento en esta instalación. De ocurrir escapes de larvas y de ocurrir su transformación a insecto volador en el exterior de la fábrica no constituiría problema alguno ni para las personas ni para animales ya que no contagian ninguna enfermedad ni siquiera tienen boca, por lo que no pueden alimentarse.

Si ocurriese un escape masivo de larvas, cosa que es altamente improbable estos animales morirían en pocas horas o días al no tener alimento y no tener condiciones de humedad y temperatura que les posibiliten la vida.

Por lo explicado anteriormente podemos asegurar que no constituye un problema el posible escape de los animales.

Un posible riesgo que se tiene en esta planta es la del posible erróneo manejo del alimento de las larvas, por constituir estas sustancias que en gran medida pueden ser perniciosas para el medio ambiente, por lo que un derrame de estas sustancias (purines, excrementos y residuos urbanos) podría afectar a la zona donde sea efectivo el derrame. La afectación de la zona se reduciría en su totalidad con la recogida de estos residuos ya que la pequeña parte que quede en el suelo o que se infiltre podrá ser fácilmente biodegradada por las bacterias presentes en el sustrato transformándose en nutrientes.

Un posible derrame en alguna zona de cantidades de los productos y subproductos de esta instalación no constituirían ningún problema para el medio ambiente ya que son completamente naturales y al ser sólidos no se infiltra nada en la tierra.

Por lo que podemos decir que ningún derrame de ningún producto o subproducto manejado en esta instalación podría constituir un problema medioambiental grave.

El problema más grande que tendría la instalación de la fábrica sería la de emisión de gases, tanto de emisiones olorosas como de gases calientes. El movimiento de los residuos acarrearía la producción de mal olor lo que sería un problema a subsanar teniendo siempre tapadas las tolvas de alimentación.

Además los gases extraídos de las celdas de cría saldrían con un cierto mal olor, pero el problema más grave sería el del calor con el que salen, parte de ese calor se usaría en el horno gracias a un intercambiador de calor, pero a la salida de este saldría más caliente que la temperatura exterior, además de tener gran proporción de CO₂ proveniente de la respiración de los animales.

El ruido de esta instalación constituiría un problema que se minimizaría con la utilización de pantallas en las paredes y el techo de la fábrica.

Con esta evaluación de las repercusiones ambientales se extrae que la instalación de una planta de este tipo mejoraría en gran medida la calidad de los suelos y de las aguas al eliminar muchos de los residuos que la contaminan pero la calidad del aire se vería mermada por la contaminación con CO₂ y por gases calientes.

8.2 Sociales

La aplicación de este proyecto además de influir en el medio natural, influye en el medio social, en la población. Las personas implicadas no solo participan de manera directa en el proyecto, si no que éste les repercute de manera indirecta como consecuencia de los cambios en el entorno.

Este proyecto influye en las personas de las áreas limítrofes a la planta de diferentes formas.

La primera y más notoria es la influencia que ejerce en los trabajadores contratados en la planta, tanto los encargados de la sala de control como los operarios de limpieza de las celdas, como los diferentes operarios de la planta. El impacto social se ve engrandecido al estar emplazada la planta en entornos rurales, en los cuales la existencia de trabajo no es muy extensa. Por lo tanto, supondría una fuente de empleo a la vez que permitiría la dinamización del flujo económico local.

En segundo lugar, una planta de estas características ayudaría a fijar población en los entornos rurales, influyendo en gran medida en el entorno social. Complementa de manera directa los programas de desarrollo rural con la creación de nuevos puestos de trabajo, fomento de las economías locales y creando un flujo poblacional de retorno hacia los núcleos rurales. Por lo tanto supone una revitalización de los núcleos rurales en declive.

Este proyecto también influye a gran nivel ya que pone a disposición de mucha gente un pienso de gran calidad y a un precio competitivo, además de obtenerse un sustrato de calidad el cual se puede vender a agricultores de la zona para fertilizar sus campos. Fomenta la cultura del comercio de productos locales, evitando de esta manera la importación de producto extranjero que conlleva, en el propio desplazamiento, una gran contaminación.

Por otro lado, se enmarcaría dentro del sistema del comercio justo, respaldado por la Organización de la Naciones Unidas (ONU), en el que se compatibiliza el sistema económico con el desarrollo de las poblaciones. En el caso que nos corresponde, la aplicación del proyecto supone, tal y como venimos explicando, el desarrollo de las zonas rurales a través de la provisión de pienso de calidad a precios competitivos.

Finalmente, cabe enmarcar el desarrollo de este proyecto dentro de la agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) impulsados por las Naciones Unidas. A pesar de estar interconectados, este proyecto puede vincularse concretamente con los objetivos de promoción del crecimiento económico sostenido que proporcione un empleo pleno y digno; garantiza modalidades de consumo y producción sostenibles; y promueve la industrialización inclusiva y sostenible así como el fomento de la innovación.

8.3 Económicas

Las repercusiones económicas de la aplicación de este proyecto serían muy variadas y de diferente índole.

Primeramente la construcción del emplazamiento donde se fije la planta correría a cargo de alguna empresa especializada, la cual tendría que comprar materiales, suministros y pagar a los trabajadores, lo que incurriría en una repercusión económica importante.

La contratación de personal, aunque no sería una cantidad de personal excesivo por el grado de automatización de la empresa, sería una repercusión importante en el entorno y en las poblaciones limítrofes, conseguiría fijar población con lo que otros comercios que realizan servicios para las personas podrían implantarse en la zona, consiguiendo un posible cambio en la economía de la zona.

La irrupción en el mercado de un pienso de calidad y a un precio competitivo también causaría un movimiento de dinero, lo que serviría para mejorar las instalaciones e invertir en más tecnología en la empresa, revertiendo en la zona el dinero generado.

Se generaría a su vez un impulso a la ganadería y a la agricultura de la zona revalorizando los desechos producidos por los animales hasta el punto de ser una alternativa económica. Además se podría llegar a acuerdos con los ganaderos locales en la reducción del precio vendido a cambio de su producción de excrementos, con lo que se fraguaría una asociación beneficiosa para ambos.

Conclusiones

El objetivo de este TFG consistía en el diseño y la automatización de una fábrica de piensos usando el insecto *Hermetia Illucens*. Ya que se trata de un proceso novedoso y dado que no existen excesivos trabajos de investigación respecto a este insecto, se ha diseñado el proceso partiendo de cero de la forma más intuitiva posible.

Igualmente se ha conseguido la automatización completa de la fábrica mediante autómatas programables. La programación se ha realizado de la forma más simple posible, aunque existen muchas maneras de implementar esta programación se ha elegido esta para que sea fácil de comprender incluso para operarios poco familiarizados con el programa.

Tanto el desarrollo del proceso, como la búsqueda de equipos y la automatización han supuesto diferentes retos los cuales al superarlos han hecho adquirir gran cantidad de conocimientos.

Cabe destacar el análisis realizado de las repercusiones que la aplicación de este trabajo tendría, suponiendo una mejora de las condiciones del entorno en el que se implante tanto ambientalmente como en el aspecto económico y social de la zona.

Resumiendo, el Trabajo Fin de Grado propuesto plantea una posible alternativa a los métodos de tratamiento de diferentes residuos y a los métodos de obtención de piensos ricos en proteínas.

Como posibles mejoras o ampliaciones de este trabajo, está la posibilidad de ampliar el número de celdas de cría, lo que radicaría en una mayor producción y en el uso de máquinas que procesen más cantidad de materia.

Otra línea de trabajo futuro sería la implantación de un segundo procesado del compost obtenido usando otro animal, la lombriz roja californiana, la cual se alimentará de este compost produciendo vermicompost un sustrato mucho más completo y apreciado, además de producir lombrices las cuales se pueden comercializar tanto como pienso, como cebo vivo para la pesca.





Bibliografía

Agencia extremeña de la energía. (2010). Los residuos ganaderos. Consultado el 2 de septiembre de 2020. <https://www.agenex.net/images/stories/deptos/los-residuos-ganaderos.pdf>

AreaTecnología. (s.f.). Relés. Lugar de publicación: *AreaTecnología*. Consultado el 2 de septiembre del 2020. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>

Babot, D. (2007). Gestión medioambiental en producción porcina. *Instituto de Investigaciones Porcina, vol. 14* (número 3). Consultado el 2 de septiembre de 2020.

https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Babot/publication/266487679_GESTION_MEDIOAMBIENTAL_EN_PRODUCCION_PORCINA/links/552568fa0cf25d66dc943550.pdf

Boquillasdeaspersión (s.f.). Difusores cono lleno. Lugar de publicación: Boquillasdeaspersion. Consultado el 15 de septiembre de 2020. <https://boquillasdeaspersion.es/comprar/difusores-cono-lleno-ba02-picos/>

Cablematic(s.f.). Extractor de aire radial para ventilación. Lugar de publicación: Cablematic Consultado el 15 de septiembre de 2020. <https://cablematic.com/es/productos/extractor-de-aire-centrifugo-radial-para-ventilacion-industrial-2600-rpm-cuadrado-202x180x115-mm-KH071/>

Cablematic(s.f.). Extractor de aire de tubo para ventilación. Lugar de publicación: Cablematic Consultado el 15 de septiembre de 2020. https://cablematic.com/es/productos/extractor-de-aire-de-tubo-de-400-mm-para-ventilacion-industrial-1360-rpm-redondo-470x470x210-mm-plateado-KH212/?cr=EUR&ct=ES&gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9xwaSni-RH-g1z4xhp5YhmyoTggGyFKRByCzLkH7A2uzVMD2BhJpAMaAqXJEALw_wcB

Digi-Key Electronics (s.f.). Fuente de alimentación. Lugar de publicación: Digikey. Consultado el 15 de septiembre de 2020.: <https://www.digikey.es/product-detail/es/mean-well-usa-inc/NDR-240-24/1866-3520-ND/7705222>

Directindustry (s.f.). Bomba de aire. Lugar de publicación: Directindustry Consultado el 15 de septiembre de 2020. <https://www.directindustry.es/prod/bauer-kompressoren-gmbh/product-6277-428285.html>



Electrónica2000.(2020). Sensores de temperatura Tipos y Aplicaciones. Lugar de publicación: Electrónica2000. Consultado el 2 de septiembre del 2020. <http://www.electronica2000.com/sensores-de-temperatura-tipos-y-aplicaciones/>

Endress (s.f).Sonda compacta de temperatura. Lugar de publicación: Endress. Consultado el 15 de septiembre de 2020. <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-temperatura/sonda-compacta-temperatura-tmr31>

Genebre (s.f). Electroválvula de acción mixta. Lugar de publicación: Genebre. Consultado el 15 de septiembre de 2020. <https://www.genebre.es/41036-electrovalvula-de-accion-mixta-2-vias-nc>

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. The World Bank. Consultado el 2 de septiembre de 2020. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

Masterkool (s.f). Calefactores de exterior. Lugar de publicación: Masterkool. Consultado el 15 de septiembre de 2020. <http://tienda.masterkool.es/calefactores-de-exterior/calefactores-electricos/burda/calefactor-burda-term2000-ipx67-2000w/>

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). Caracterización de sistemas de gestión de deyecciones. Sector porcino intensivo (770-10-260-4). Consultado el 2 de septiembre de 2020. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones/Porcino%20Intensivo_tcm30-105327.pdf

Naturgy Iberia, S.A.(s.f) Secaderos industriales. Lugar de publicación: Naturgy, Consultado en 2 de septiembre del 2020, https://www.naturgy.es/Publicacion/Satellite?c=Page&childpagename=GNF%2FPage%2FGNF_GlobalLayout&cid=1477654160322&pagename=GNFWrapper

Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove, R. (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. *Waste Management Programs*. North Carolina State

PWC. (2017). Una mirada al futuro: ¿Cómo cambiará el orden económico mundial para el 2050?. Consultado el 2 de septiembre de 2020. https://www.pwc.com/co/es/assets/document/el_mundo_en_2050.pdf

RScomponentes (s.f). Relé sin enclavamiento. Lugar de publicación: RS-online. Consultado el 15 de septiembre de 2020. <https://es.rs-online.com/web/p/reles-sin-enclavamiento/7943771/>



Sensovant (s.f). Sensor de humedad industrial. Lugar de publicación: Sensovant. Consultado el 15 de septiembre de 2020.

<http://sensovant.com/productos/humedad/industriales/articulo/sensor-humedad-industrial-ee210.html>

Sick (s.f). Sensores de distancia. Lugar de publicación: Sick. Consultado el 15 de septiembre de 2020. [https://www.sick.com/es/es/sensores-de-](https://www.sick.com/es/es/sensores-de-distancia/sensores-de-media-distancia/dx50/dt50-p1123/p/p215268)

[distancia/sensores-de-media-distancia/dx50/dt50-p1123/p/p215268](https://www.sick.com/es/es/sensores-de-distancia/sensores-de-media-distancia/dx50/dt50-p1123/p/p215268)

UN. (2019). World population prospects 2019: Highlights (st/esa/ser. A/423).



Planos



Índice de planos

Plano 1: Detalle celda de cría

Plano 2: Layout de fábrica

Plano 3: Circuito de potencia

Plano 4: Circuito de potencia del sistema de renovación del aire

Plano 5: Alimentación a 220V

Plano 6: Entradas digitales PLC

Plano 7: Alimentación de Sensores

Plano 8: Salidas digitales PLC

Plano 9: Modelo de colocación de componentes en el armario

Plano 10: Exterior de armario

Plano 11: 220 voltios trifásico

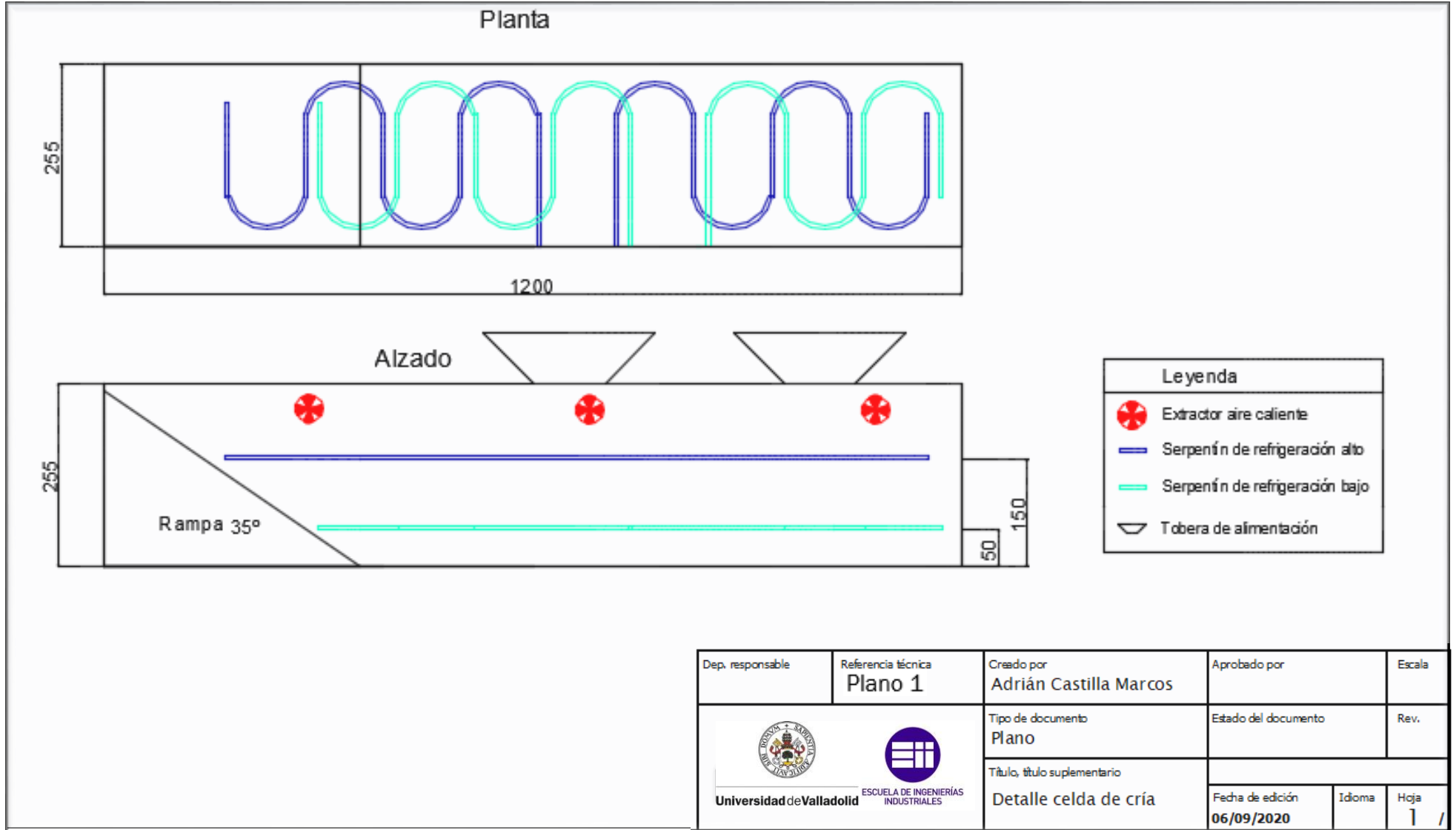
Plano 12: 220 voltios monofásico

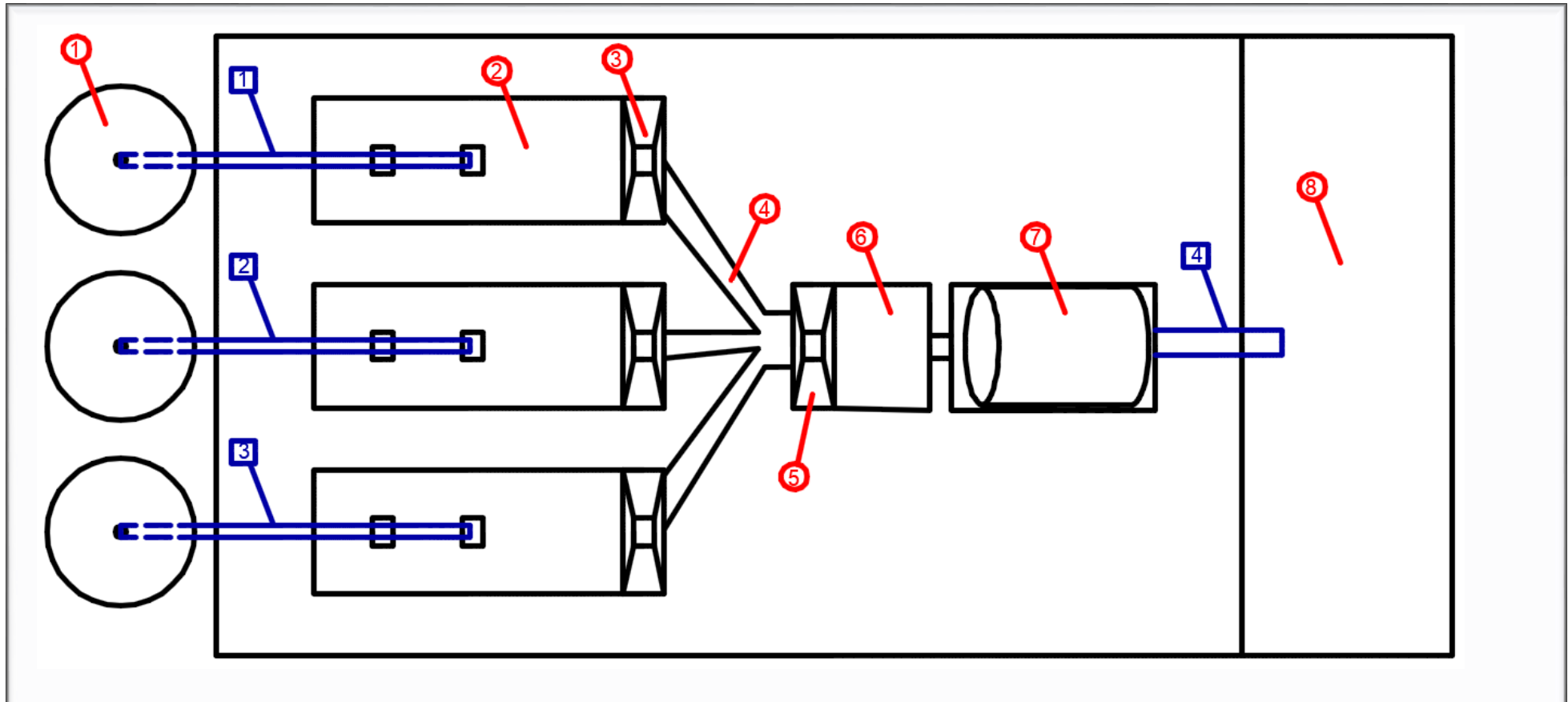
Plano 13: 24 voltios corriente continua

Plano 14: Manguera de agua

Plano 15: Conductos de aire caliente y frío

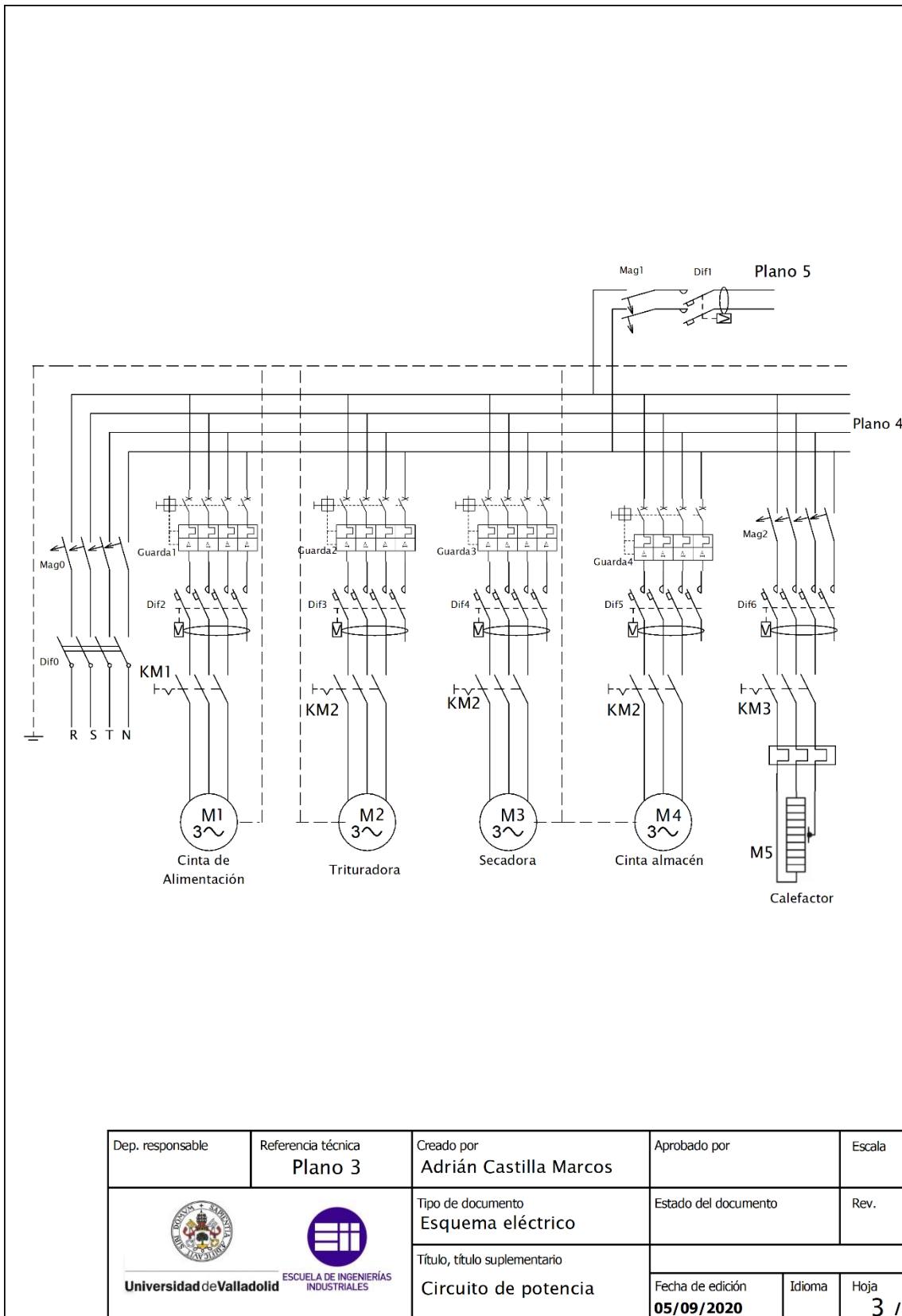
Plano 16: Layout completo de cableado y fontanería





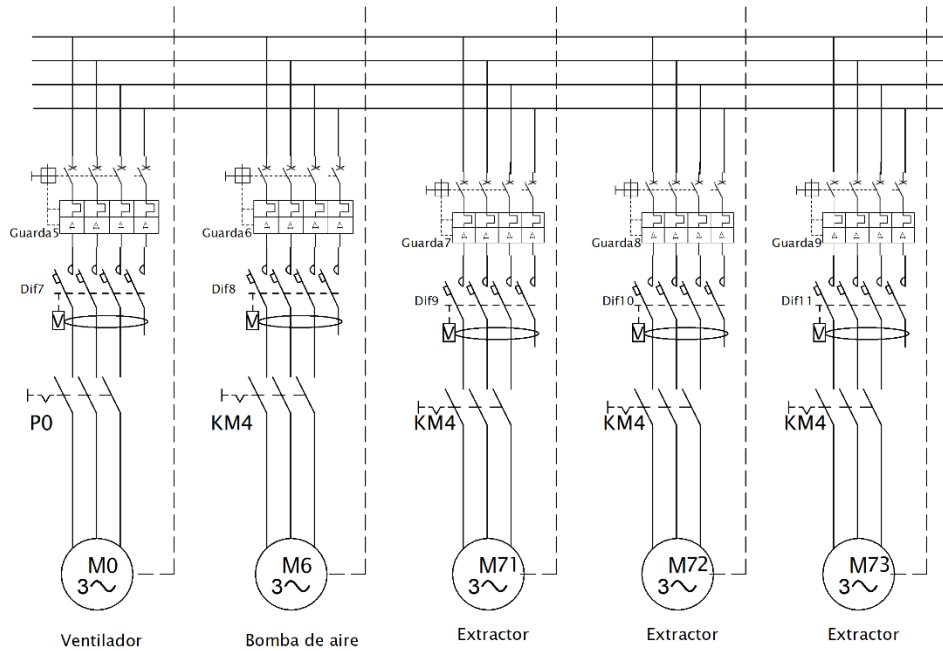
Relación de instalaciones plano 2		Relación de cintas transportadoras plano 2
1-Depósito	5- Depósito pre-triturado	1- Cinta de alimentación celda 1
2-Celda de cría	6- Trituradora	2- Cinta de alimentación celda 2
3- Depósito pupas maduras	7- Secadora de tambor	3- Cinta de alimentación celda 3
4- Rampa de alimentación de la trituradora	8- Almacén de pellets secos	4- Cinta de descarga pellets secos a almacén

Dep. responsable	Referencia técnica Plano 2	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
	Tipo de documento Plano	Estado del documento		Rev.
	Título, título suplementario Layout de fábrica	Fecha de edición 06/09/2020	Idioma	Hoja 2 / 1

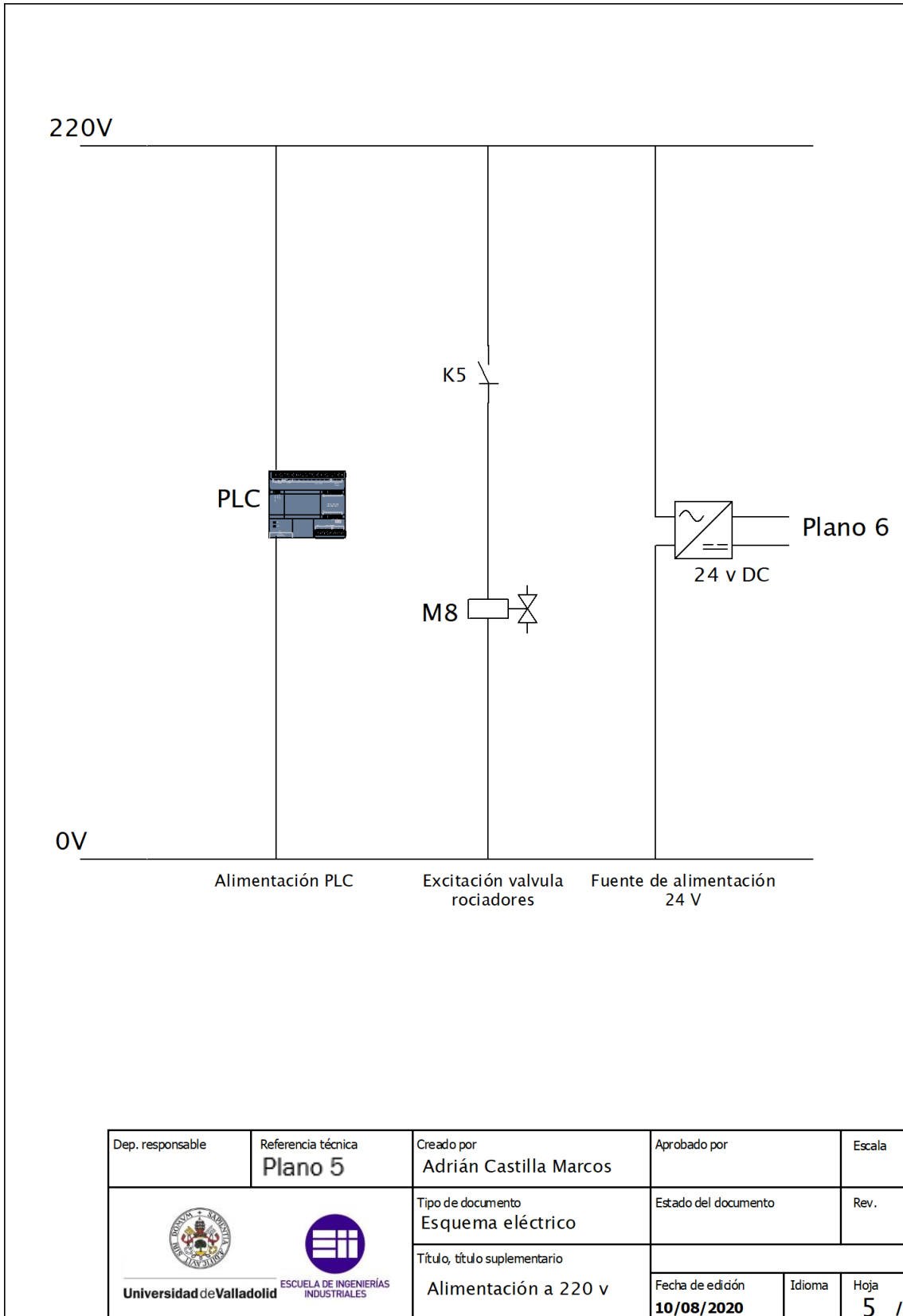


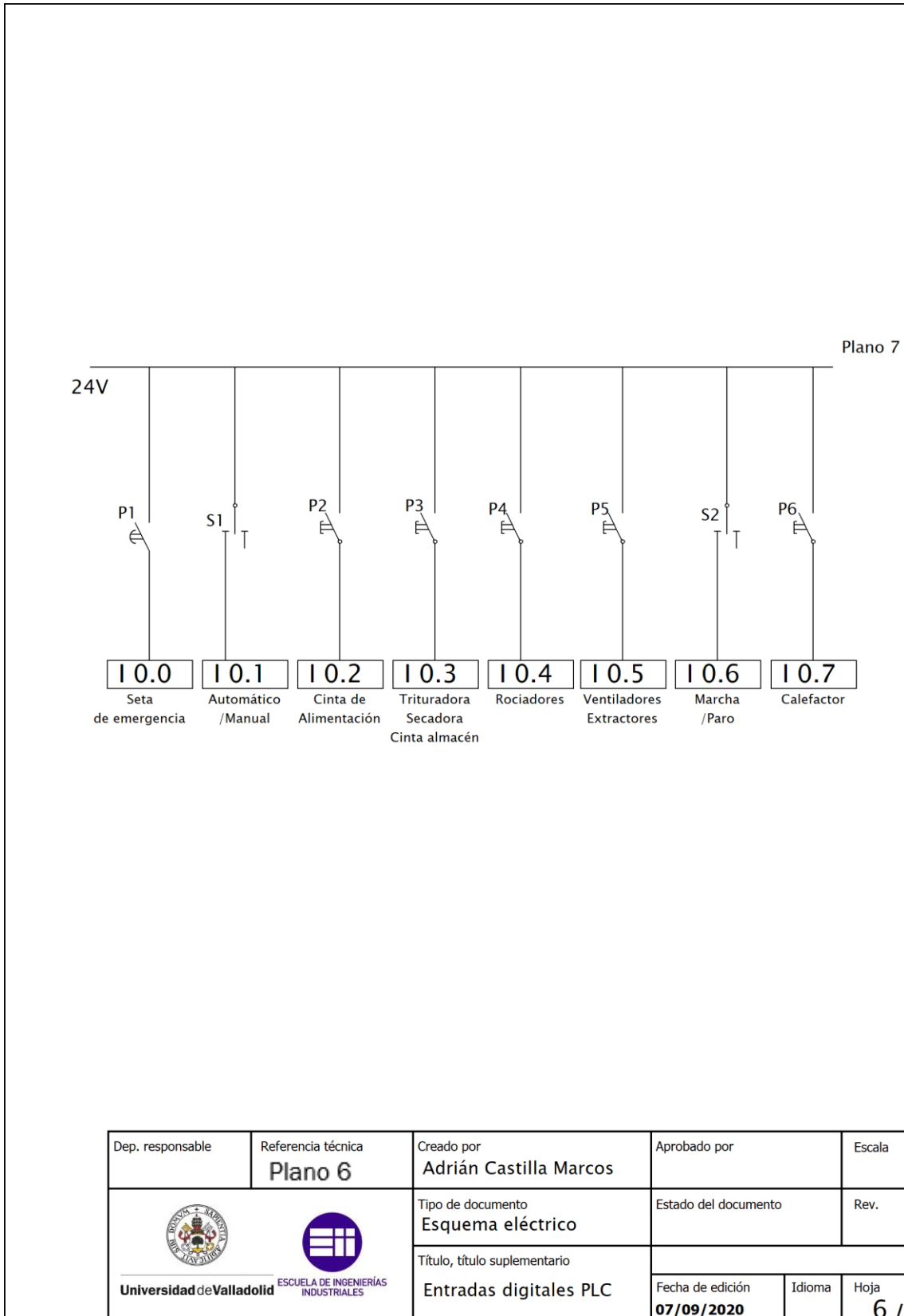
Dep. responsable	Referencia técnica Plano 3	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
	Tipo de documento Esquema eléctrico	Estado del documento		Rev.
	Título, título suplementario Circuito de potencia	Fecha de edición 05/09/2020	Idioma	Hoja 3 /

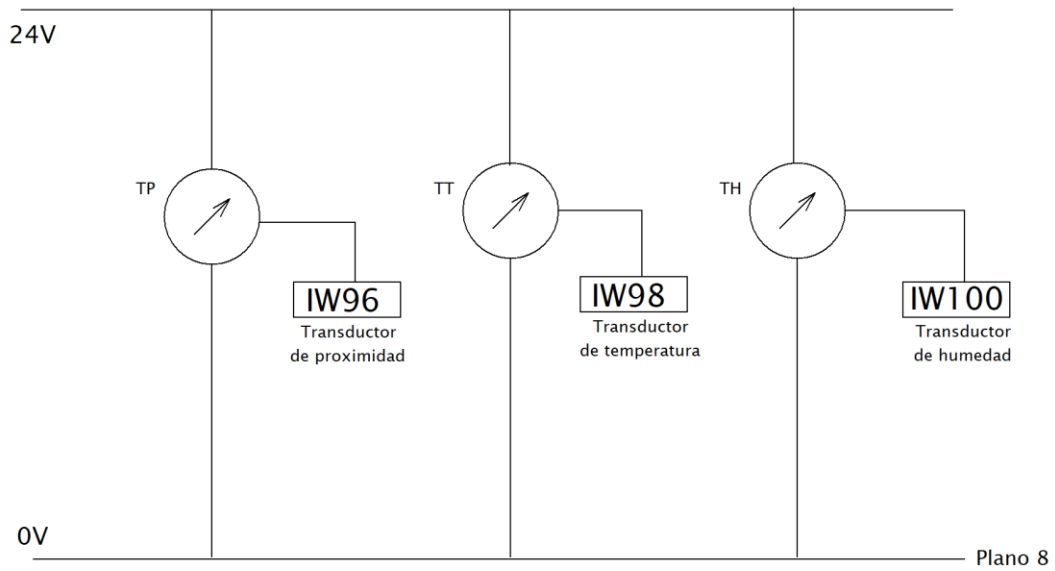
Plano3



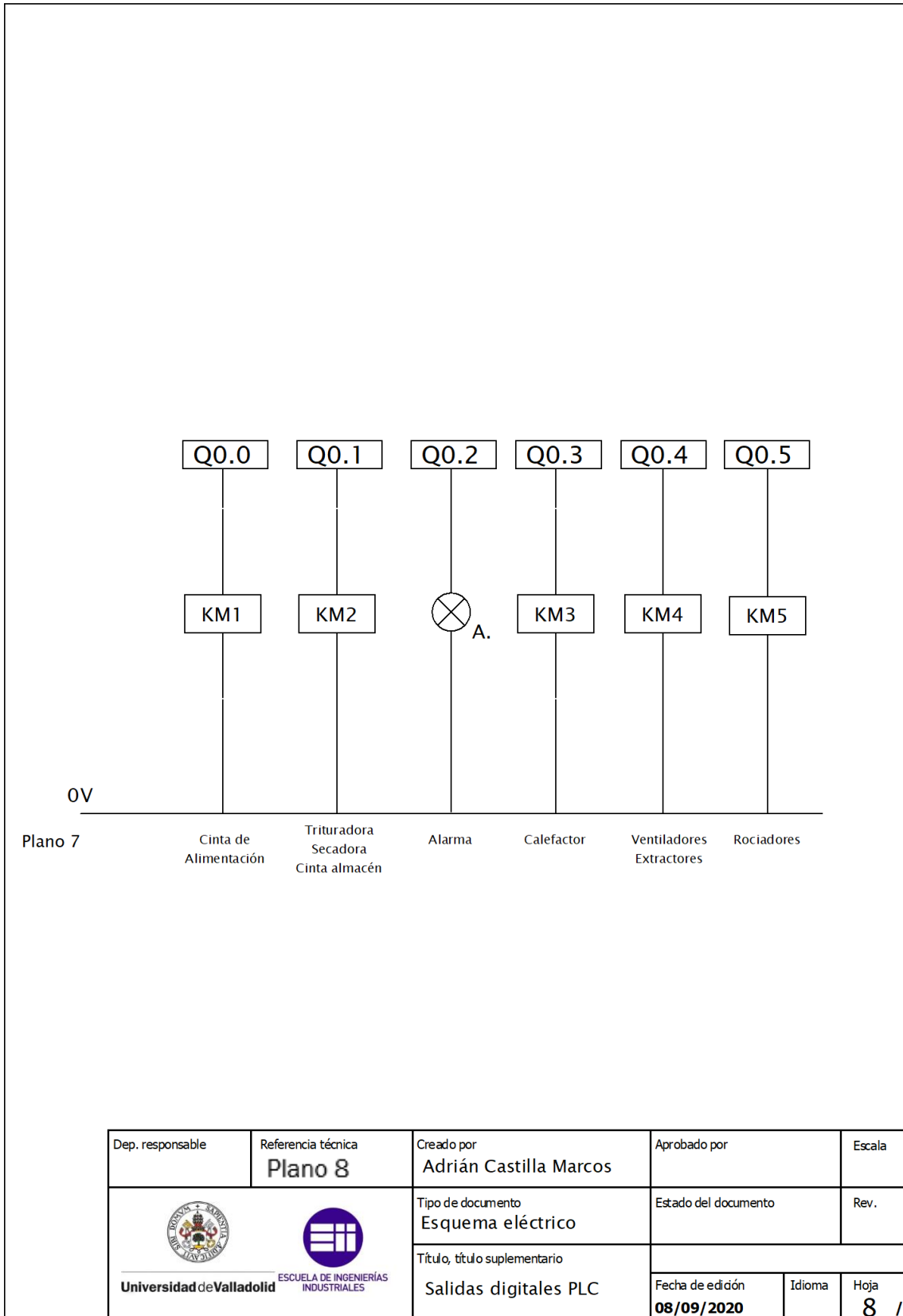
Dep. responsable	Referencia técnica Plano 4	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
 Universidad de Valladolid	 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Tipo de documento Esquema eléctrico	Estado del documento	Rev.
		Título, título suplementario Potencia sistema de renovación de aire	Fecha de edición 08/09/2020	Idioma

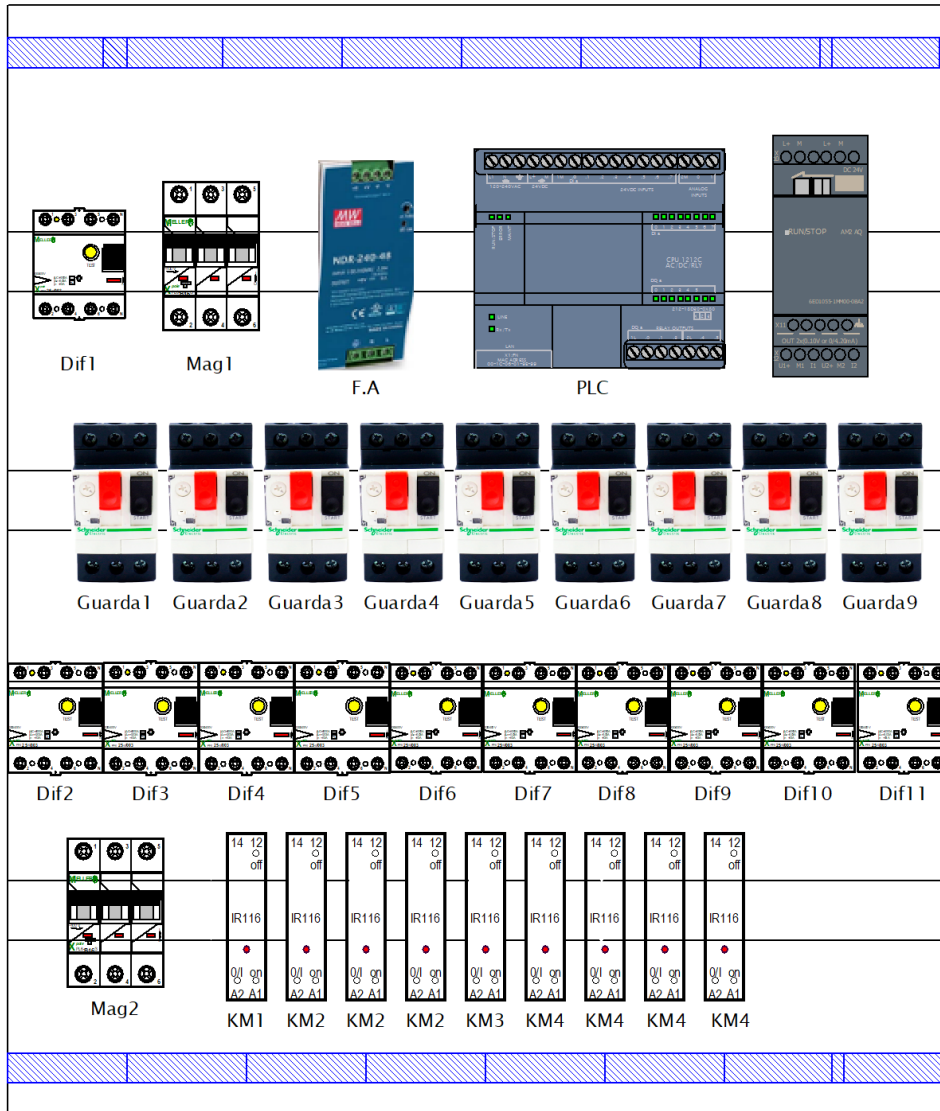




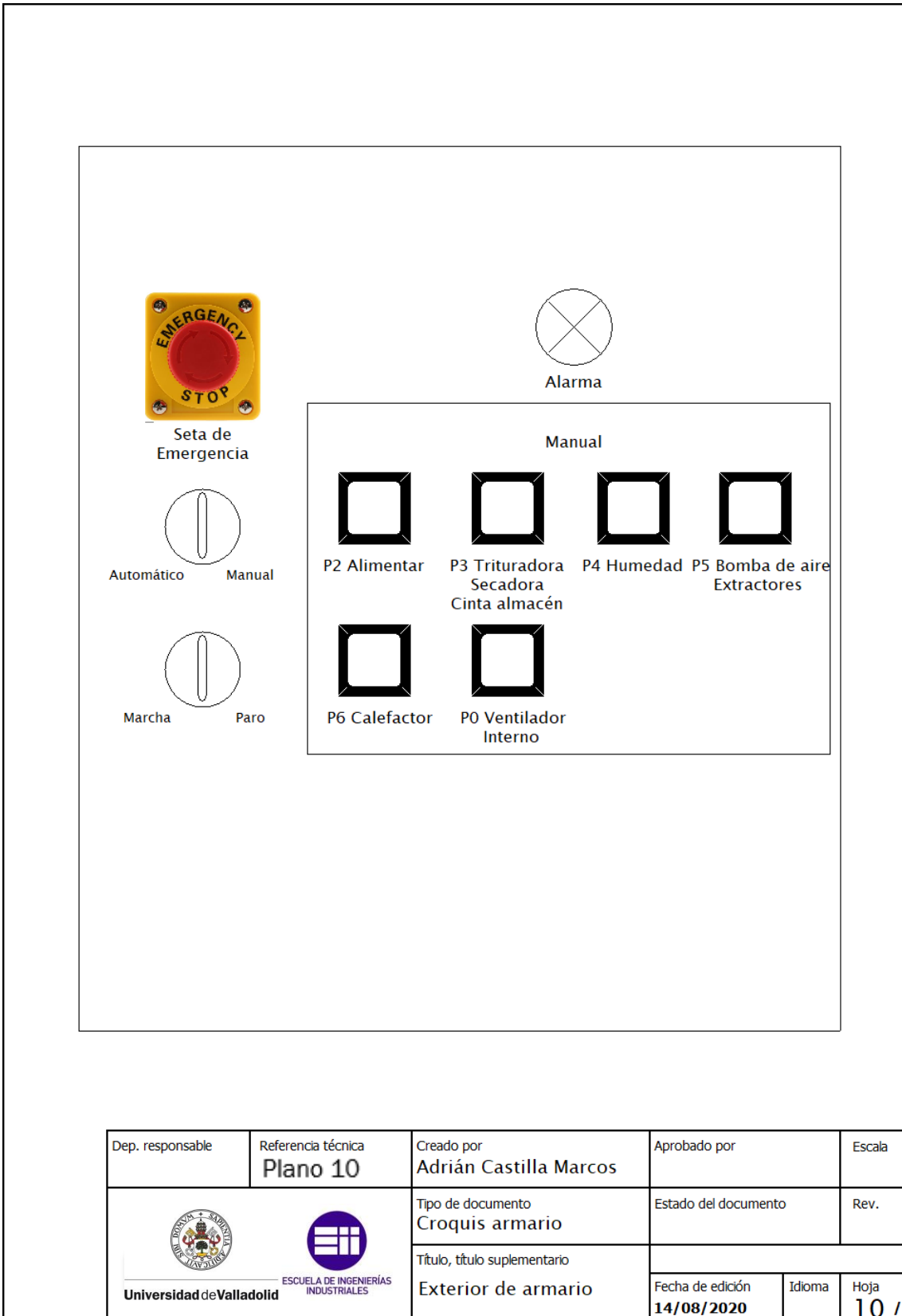


Dep. responsable	Referencia técnica Plano 7	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
 Universidad de Valladolid <small>ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</small>	Tipo de documento Esquema eléctrico	Estado del documento	Rev.	
	Título, título suplementario Alimentación de sensores	Fecha de edición 08/09/2020	Idioma	Hoja 7 /

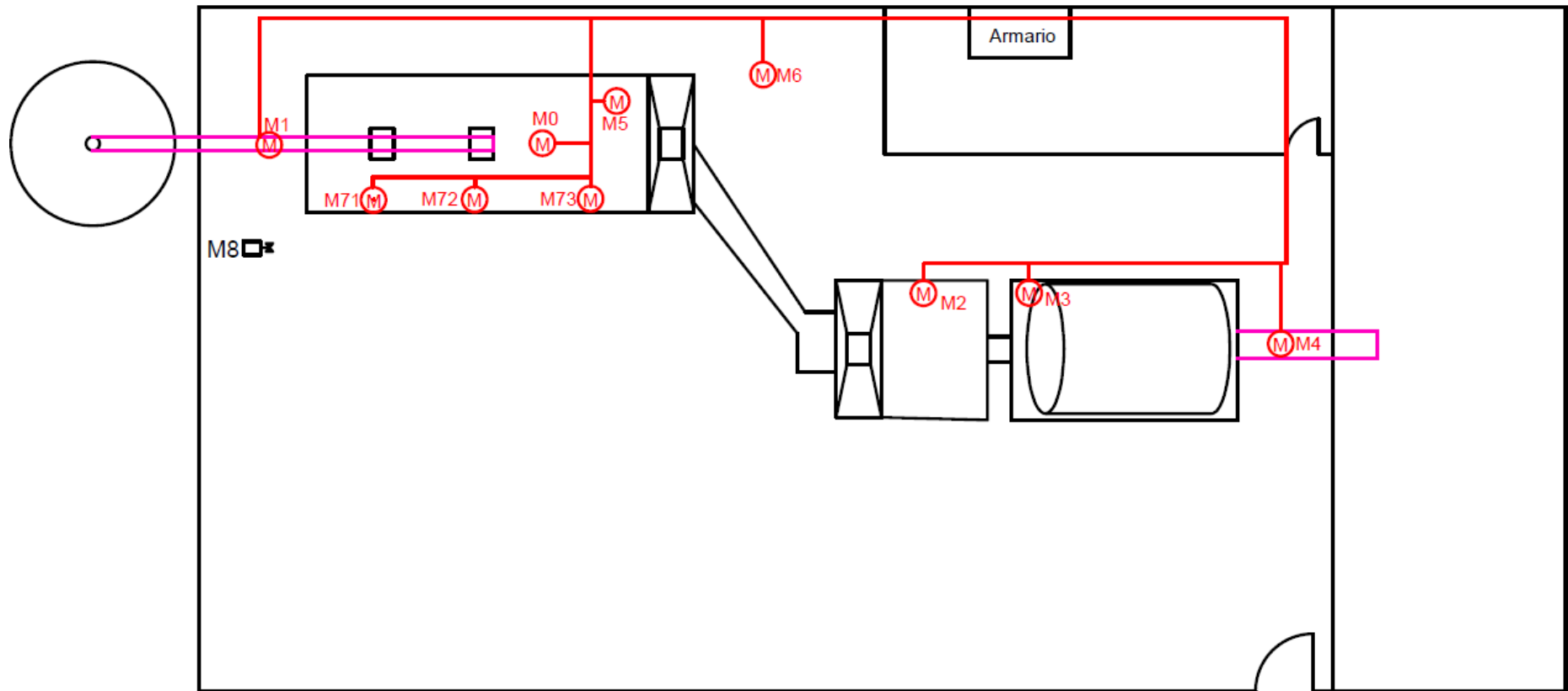




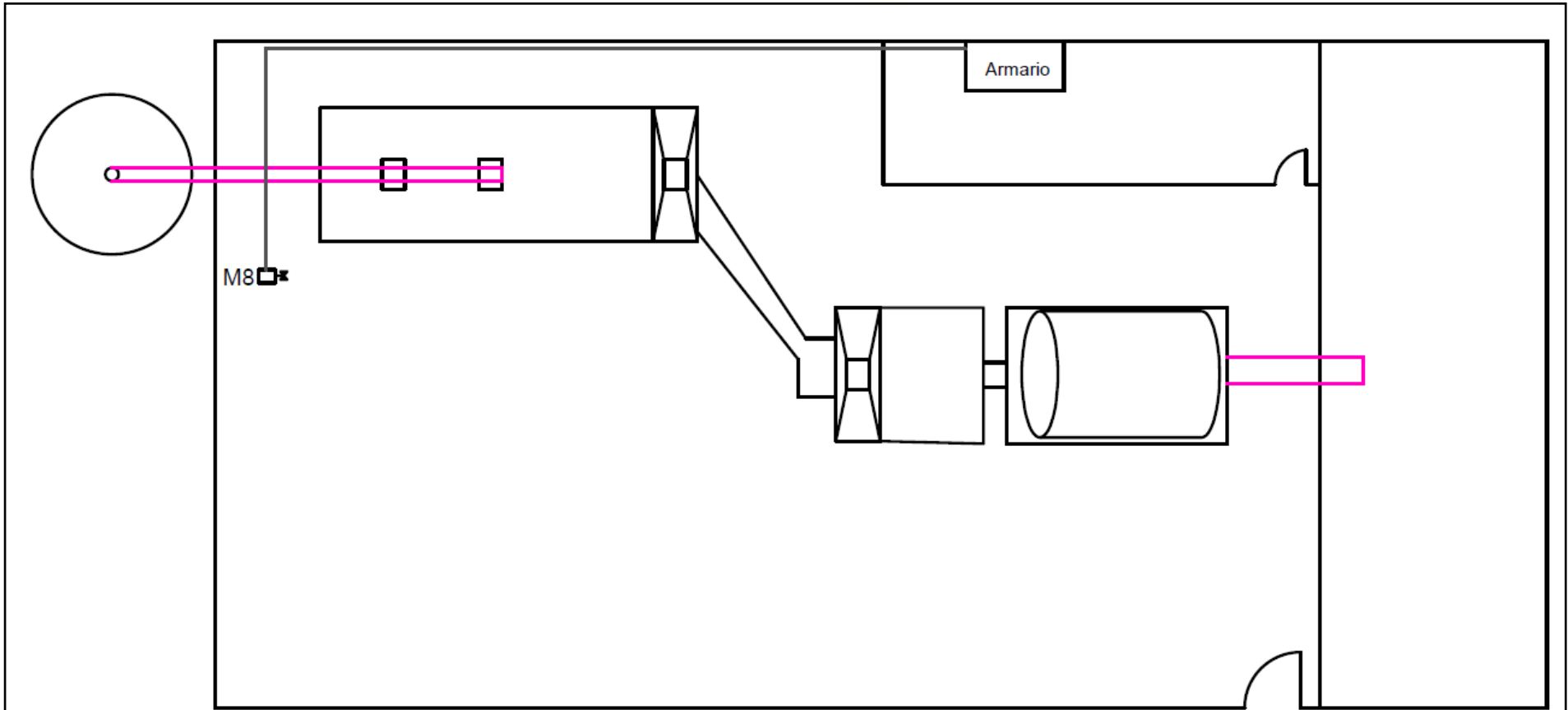
Dep. responsable	Referencia técnica Plano 9	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
		Tipo de documento Croquis de armario	Estado del documento	Rev.
		Título, título suplementario Modelo de colocación de componentes en armario	Fecha de edición 13/08/2020	Idioma Hoja 9 /





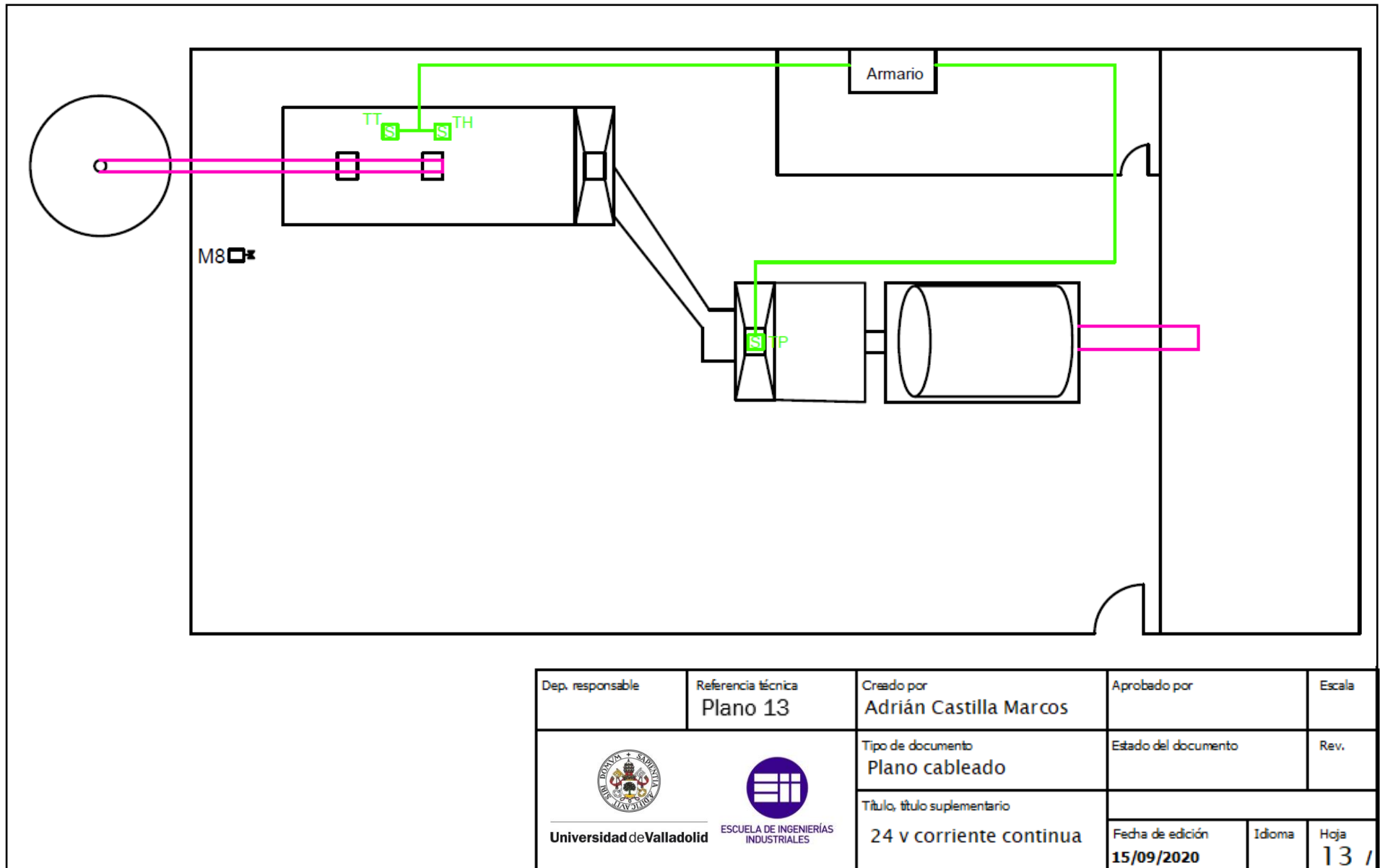
Dep. responsable	Referencia técnica Plano 10	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
		Tipo de documento Croquis armario	Estado del documento	Rev.
		Título, título suplementario Exterior de armario	Fecha de edición 14/08/2020	Idioma 10 /

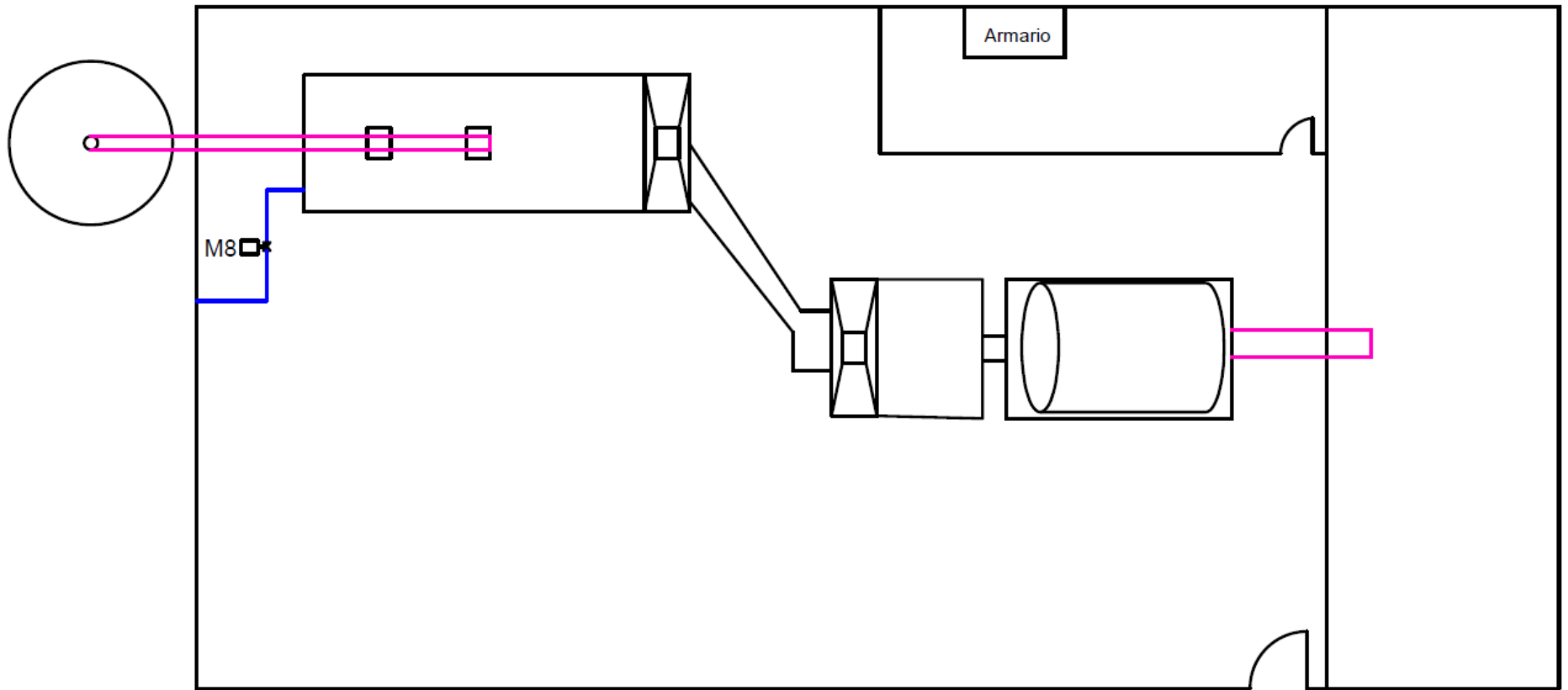




Dep. responsable	Referencia técnica Plano 11	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
 Universidad de Valladolid	 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Tipo de documento Plano cableado	Estado del documento	Rev.
		Título, título suplementario 220 voltios trifásico	Fecha de edición 15/09/2020	Idioma

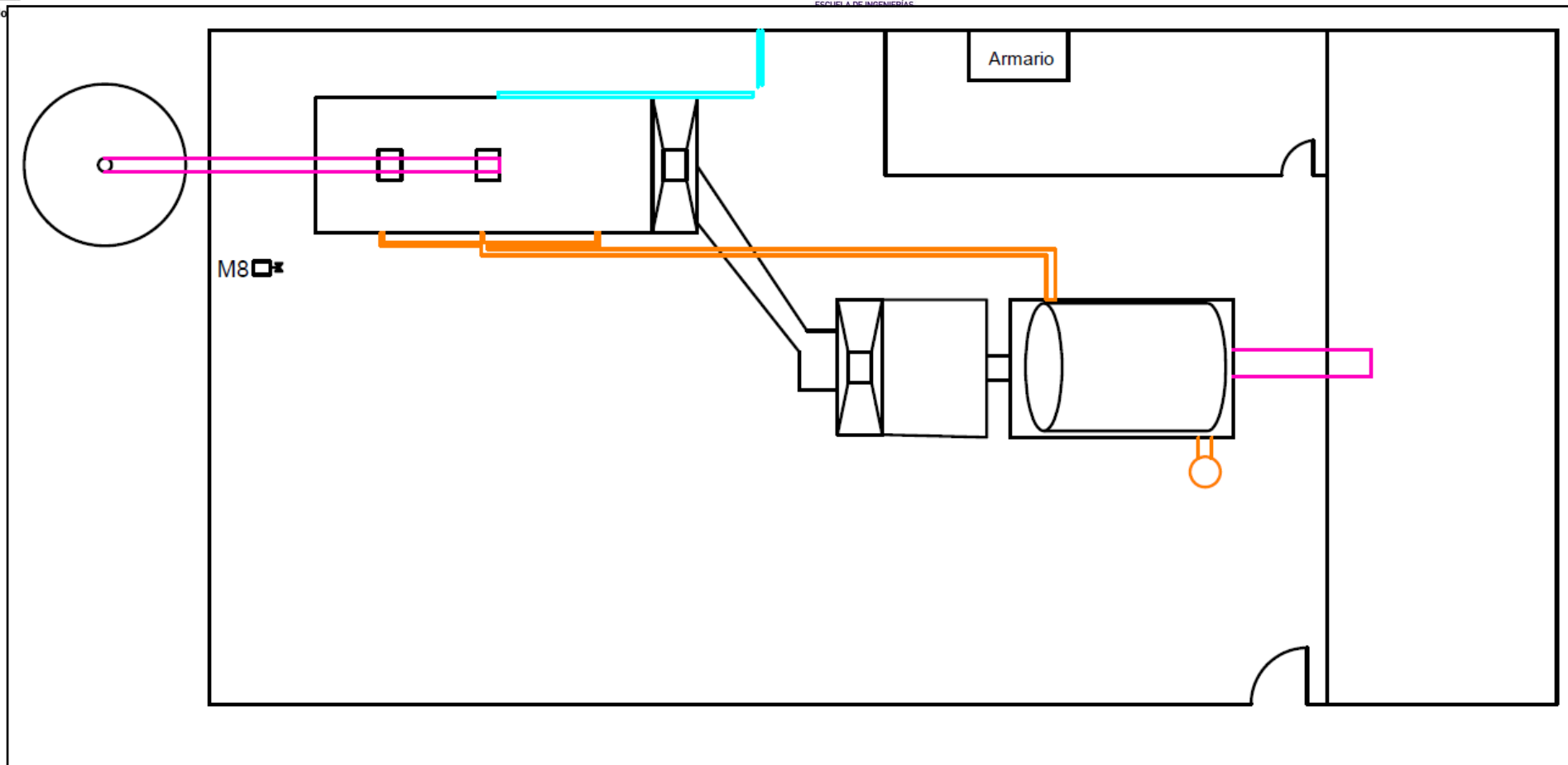




Dep. responsable	Referencia técnica Plano 12	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
 Universidad de Valladolid	 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Tipo de documento Plano cableado	Estado del documento	Rev.
		Título, título suplementario 220 voltios monofásico	Fecha de edición 15/09/2020	Idioma

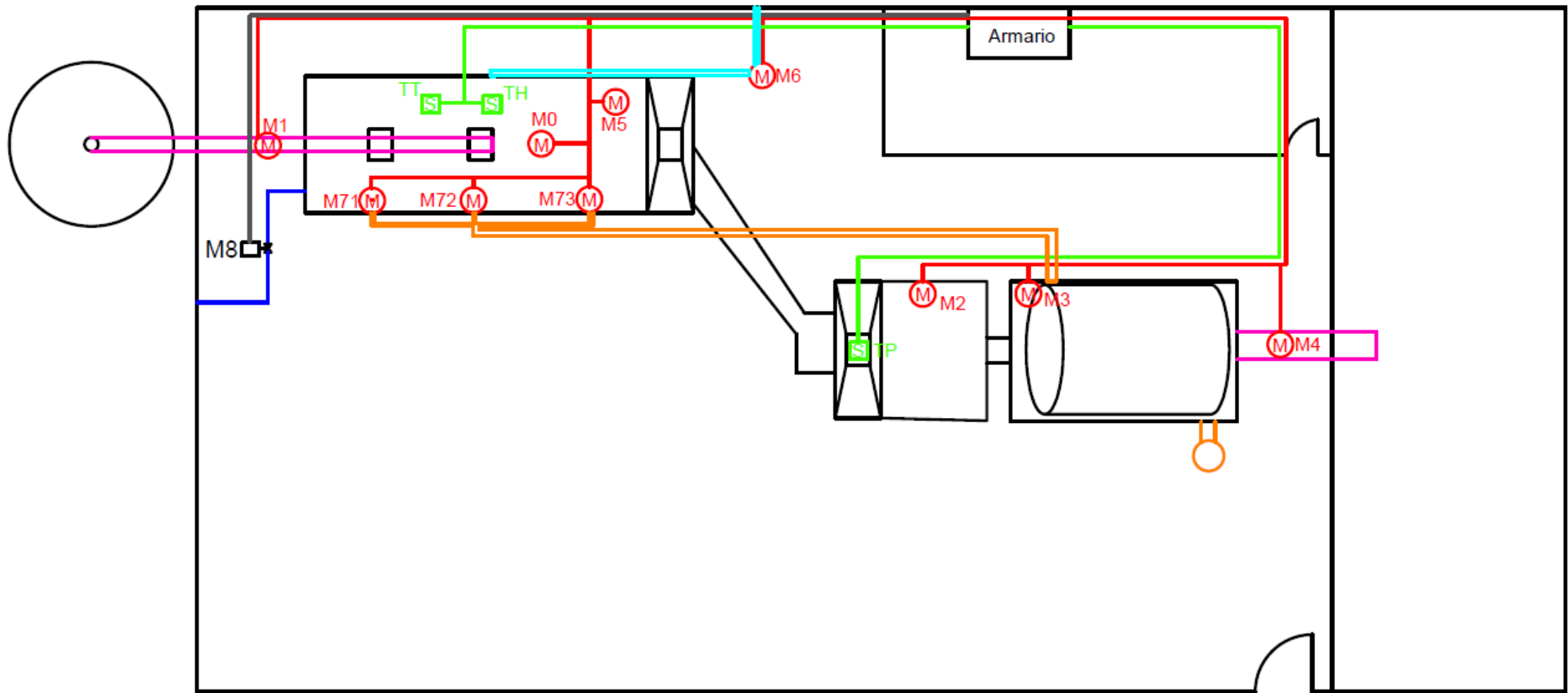




Dep. responsable	Referencia técnica Plano 14	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
 Universidad de Valladolid	 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Tipo de documento Plano cableado	Estado del documento	Rev.
		Título, título suplementario Manguera de agua	Fecha de edición 15/09/2020	Idioma



Dep. responsable	Referencia técnica Plano 15	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
 Universidad de Valladolid	 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Tipo de documento Plano cableado	Estado del documento	Rev.
		Título, título suplementario Conductos de aire caliente y frío	Fecha de edición 15/09/2020	Idioma



Dep. responsable	Referencia técnica Plano 16	Creado por Adrián Castilla Marcos	Aprobado por	Escala
 Universidad de Valladolid	 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Tipo de documento Plano cableado	Estado del documento	Rev.
		Título, título suplementario Layout completo cableado y fontanería	Fecha de edición 15/09/2020	Idioma



Valladolid 20 de septiembre de 2020

Adrián Castilla Marcos