



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Automatización de una máquina industrial de
llenado

Automation of an industrial filling machine

Autor

Javier Ortiz Latorre

Director

Eugenio Eladio Martínez Asensio

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia
2018



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

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

MEMORIA

**Automatización de una máquina
industrial de llenado**

**Automation of an industrial filling
machine**

424.18.59

Autor: Javier Ortiz Latorre

Director: Eugenio Eladio Martínez Asensio

Fecha: 25 de Junio de 2018

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
3.1. ANTECEDENTES	4
4. ESTUDIO DE MATERIALES A DOSIFICAR	6
4.1. HARINA	6
4.2. POLIESTIRENO	7
4.3. PELLETS	8
4.4. ARENA SECA	9
4.5. ARENA HÚMEDA	9
4.6. CEMENTO	10
4.7. MORTERO	11
5. CÁLCULOS	13
5.1. CÁLCULO DEL MOTOR DEL SIN-FIN ALIMENTADOR	13
5.1.1. Datos y requerimientos de funcionamiento del alimentador	13
5.1.2. Cálculo del flujo de material del tornillo sin fin alimentador	14
5.1.3. Cálculo de la potencia del motor eléctrico del sin fin alimentador	15
5.1.4. Cálculo del par del motor eléctrico del sin fin alimentador	17
5.1.5. Relación de transmisión para el motor del sin fin alimentador	18
5.1.6. Cálculo del par de salida del reductor del sin fin alimentador	18
5.1.7. Conclusiones del sin fin alimentador	19
5.2. CÁLCULO DEL MOTOR DEL SIN-FIN DOSIFICADOR	19
5.2.1. Datos y requerimientos de funcionamiento del sin fin dosificador	20
5.2.2. Cálculo del flujo de material del tornillo sin fin dosificador	20
5.2.3. Cálculo de la potencia del motor eléctrico del sin fin dosificador	22
5.2.4. Cálculo del par del motor eléctrico del sin fin dosificador	23
5.2.5. Relación de transmisión para el motor del sin fin dosificador	24
5.2.6. Cálculo del par de salida del reductor del sin fin dosificador	25
5.2.7. Conclusiones del sin fin dosificador	25
5.3. CÁLCULO DEL MOTOR DEL AGITADOR	26
5.3.1. Datos y requerimientos de funcionamiento del agitador	27

INDICES

5.3.2.	<i>Cálculo del par mínimo del reductor del agitador</i>	27
5.3.3.	<i>Relación de transmisión para el motor del agitador</i>	30
5.3.4.	<i>Cálculo del par mínimo del motor eléctrico del agitador</i>	30
5.3.5.	<i>Cálculo de la potencia del motor eléctrico del agitador</i>	31
5.3.6.	<i>Cálculo del par del motor eléctrico del agitador</i>	32
5.3.7.	<i>Cálculo del par de salida del reductor del agitador</i>	33
5.3.8.	<i>Conclusiones del agitador</i>	33
5.4.	CÁLCULO DEL MOTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA	34
5.4.1.	<i>Datos y requerimientos de funcionamiento de la cinta transportadora</i>	34
5.4.2.	<i>Cálculo de la potencia del motor eléctrico de la cinta transportadora</i>	35
5.4.3.	<i>Cálculo del par del motor eléctrico de la cinta transportadora</i>	36
5.4.4.	<i>Cálculo del reductor para el motor de la cinta transportadora</i>	36
5.4.5.	<i>Cálculo del par de salida del motor reductor de la cinta transportadora</i>	37
5.4.6.	<i>Conclusiones de la cinta transportadora</i>	38
6.	DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES	39
6.1.	EXTERIOR DEL ARMARIO	39
6.2.	INTERIOR DEL ARMARIO ELÉCTRICO	39
7.	SELECCIÓN DE LOS MOTORES Y REDUCTORES	41
7.1.	SIN-FIN ALIMENTADOR	41
7.1.1.	<i>Motor</i>	41
7.1.2.	<i>Reductor</i>	42
7.1.3.	<i>Conclusiones</i>	42
7.2.	SIN-FIN DOSIFICADOR	42
7.2.1.	<i>Motor</i>	42
7.2.2.	<i>Reductor</i>	43
7.2.3.	<i>Conclusiones</i>	43
7.3.	AGITADOR	44
7.3.1.	<i>Motor</i>	44
7.3.2.	<i>Reductor</i>	44
7.3.3.	<i>Conclusiones</i>	45
7.4.	CINTA TRANSPORTADORA	45
7.4.1.	<i>Motor</i>	45
7.4.2.	<i>Reductor</i>	46
7.4.3.	<i>Conclusiones</i>	46
8.	CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CABLEADO	48

9.	SELECCIÓN DE LOS CILINDROS	51
10.	SELECCIÓN DE COMPONENTES	55
10.1.	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	55
10.2.	PLC	55
10.3.	INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA (HMI)	56
10.4.	PULSADOR DE EMERGENCIA	57
10.5.	PULSADOR RESET	57
10.6.	CONMUTADOR DE ARRANQUE	58
10.7.	INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS	59
10.7.1.	<i>Interruptor Magnetotérmico Automático General</i>	59
10.1.	INTERRUPTOR DIFERENCIAL GENERAL	60
10.2.	DISYUNTORES	61
10.2.1.	<i>Disyuntor magnetotérmico motor sin fin alimentador</i>	61
10.2.2.	<i>Disyuntor magnetotérmico motor sin fin dosificador</i>	61
10.2.3.	<i>Disyuntor magnetotérmico motor agitador</i>	62
10.2.4.	<i>Disyuntor magnetotérmico motor cinta transportadora</i>	63
10.2.5.	<i>Disyuntor magnetotérmico fuente de alimentación</i>	64
10.3.	INTERRUPTORES DE AISLAMIENTO	65
10.4.	CONTACTORES	65
10.5.	RELÉS AUXILIARES	66
10.6.	VARIADOR DE FRECUENCIA	66
10.6.1.	<i>Configuración del variador de frecuencia Mitsubishi FR-D7</i>	67
10.7.	ELECTROVÁLVULA	68
10.8.	SENSOR DE POSICIÓN DEL BOTE / SACO	69
10.9.	SENSOR DE NIVEL DE LA TOLVA	69
10.10.	SENSOR DE POSICIÓN DE LOS CILINDROS	70
11.	PLANOS ELÉCTRICOS	72
11.1.	ESQUEMA UNIFILAR	73
11.2.	ESQUEMA DE FUERZA	74
11.3.	ESQUEMA CONEXIÓN PLC-HMI	75
11.4.	ESQUEMA DE ENTRADAS DIGITALES DEL PLC	76
11.5.	ESQUEMA DE SALIDAS DIGITALES DEL PLC	77
11.6.	ESQUEMA DE SALIDAS ANALÓGICAS DEL PLC	79
11.7.	ESQUEMA NEUMÁTICO	80
12.	AUTOMATIZACIÓN	81

INDICES

12.1.	PROGRAMACIÓN PLC	81
12.1.1.	<i>Bloque General (OB1)</i>	83
12.1.2.	<i>Bloque Modo Manual (FC1)</i>	84
12.1.3.	<i>Bloque Modo Automático (FC2)</i>	87
12.1.4.	<i>Bloque de cálculos (FC3)</i>	89
12.2.	DISEÑO INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA	92
13.	PRESUPUESTO	95
13.1.	PRESUPUESTO CUADRO ELÉCTRICO	95
13.2.	PRESUPUESTO INSTALACIÓN DE CAMPO	96
13.3.	PRESUPUESTO CABLEADO	97
13.4.	MANO DE OBRA	98
13.5.	RESUMEN PRESUPUESTO E IMPORTE TOTAL	98
14.	CONCLUSIONES	99
14.1.	RESUMEN MOTORES	99
14.2.	RESUMEN REDUCTORES	100
14.3.	RESUMEN FUNCIONAMIENTO	100
14.4.	RESUMEN PRESUPUESTO	101
15.	BIBLIOGRAFÍA	102

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:	Máquina Industrial de llenado de recipientes.	4
Ilustración 2:	Máquina de llenado All Fill DHA-600.	5
Ilustración 3:	Máquina de llenado All Fill SV-600.	5
Ilustración 4:	Harina.	6
Ilustración 5:	Poliestireno.	7
Ilustración 6:	Pellets	8
Ilustración 7:	Arena seca.	9
Ilustración 8:	Arena húmeda.	10
Ilustración 9:	Cemento Portland.	10

Ilustración 10: Mortero.....	11
Ilustración 11: Sin fin alimentador.	13
Ilustración 12: Valores del coeficiente i de disminución de flujo.	15
Ilustración 13: Coeficiente c0 según el tipo de material.	16
Ilustración 14: Sin fin dosificador.	19
Ilustración 15: Valores del coeficiente i de disminución de flujo.	21
Ilustración 16: Agitador.	26
Ilustración 17: Ejemplo de Slump.	28
Ilustración 18: Consistencia del mortero.	28
Ilustración 19: Cinta transportadora.	34
Ilustración 20: Motor-Reductor del fabricante Bonfiglioli.	41
Ilustración 21: Triángulo de potencias.	48
Ilustración 22: Norma ITC-BT-19 reglamento baja tensión sobre cableado.	50
Ilustración 23: Cono de cierre del dosificador.....	51
Ilustración 24: Datos técnicos de los cilindros neumáticos.	52
Ilustración 25: Fuerzas y energías de impacto de los cilindros.	52
Ilustración 26: Cilindro Festo ADN.....	54
Ilustración 27: Fuente de alimentación SIEMENS.....	55
Ilustración 28: PLC SIEMENS S7 1217C.	56
Ilustración 29: Pantalla SIEMENS SIMATIC TP1200.....	56
Ilustración 30: Pulsador de Emergencia Sirius.....	57
Ilustración 31: Pulsador de rearme de la máquina Sirius.	58
Ilustración 32: Conmutador encendido / apagado Sirius.	58
Ilustración 33: Interruptor Magnetotérmico Automático General Schneider Electric.	59
Ilustración 34: Interruptor diferencial general Schneider Electric.	60
Ilustración 35: Disyuntor magnetotérmico motor sin fin alimentador Altech.....	61
Ilustración 36: Disyuntor magnetotérmico sin fin dosificador Altech.	62
Ilustración 37: Disyuntor magnetotérmico motor agitador Altech.....	63

INDICES

Ilustración 38: Disyuntor magnetotérmico motor cinta transportadora Altech. .	63
Ilustración 39: Disyuntor magnetotérmico de la fuente de alimentación Altech.	64
Ilustración 40: Interruptor de aislamiento Eaton.	65
Ilustración 41: Contactor Sirius.	65
Ilustración 42: Relé Auxiliar Omron.....	66
Ilustración 43: Variador de frecuencia Mitsubishi D700 FR-D7.	67
Ilustración 44: Electroválvula Festo VUVS P53E.	68
Ilustración 45: Sensor Capacitivo Tempatron.....	69
Ilustración 46: Sensor de nivel de la tolva Siemens Sitrans LVS200.	70
Ilustración 47: Sensor inductivo de posición de un cilindro Festo.	70
Ilustración 48: Logo CADdy++ Electrical.	72
Ilustración 49: Logotipo TIA PORTAL V13.	81
Ilustración 50: Diagrama de flujo del agitado de la tolva.	81
Ilustración 51: Diagrama de flujo del llenado de la tolva.	82
Ilustración 52: Diagrama de flujo del llenado de recipiente.	82
Ilustración 53: Ciclo de Scan.	83
Ilustración 54: Primer segmento del bloque general del programa del PLC.	83
Ilustración 55: Segundo segmento del bloque general del programa del PLC. ...	83
Ilustración 56: Tercer segmento del bloque general del programa del PLC.	84
Ilustración 57: Cuarto segmento del bloque general del programa del PLC.	84
Ilustración 58: Primer segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.	84
Ilustración 59: Segundo segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.	85
Ilustración 60: Tercer segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.	85
Ilustración 61: Cuarto segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.	86
Ilustración 62: Quinto segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.	87

Ilustración 63: Primer segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.	87
Ilustración 64: Segundo segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.	88
Ilustración 65: Tercer segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.	88
Ilustración 66: Cuarto segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.	89
Ilustración 67: Quinto segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.	89
Ilustración 68: Primer segmento del bloque de cálculos del programa del PLC.	90
Ilustración 69: Segundo segmento del bloque de cálculos del programa del PLC.	90
Ilustración 70: Tercer segmento del bloque de cálculos del programa del PLC..	91
Ilustración 71: Cuarto segmento del bloque de cálculos del programa del PLC.	91
Ilustración 72: Diagrama de flujo del Interfaz Humano – Máquina.	92
Ilustración 73: Pantalla de selección de modo Manual / Automático a través del Interfaz Humano - Máquina (HMI).	93
Ilustración 74: Pantalla de modo manual a través del Interfaz Humano - Máquina (HMI).	93
Ilustración 75: Pantalla de modo automático a través del Interfaz Humano – Máquina.....	94
Ilustración 76: Pantalla de selección de parámetros para el modo automático a través del Interfaz Humano - Máquina (HMI).	94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de la Harina.	7
Tabla 2: Características del Poliestireno.	7

INDICES

Tabla 3: Características de los pellets.	8
Tabla 4: Características de la arena seca.	9
Tabla 5: Características de la arena húmeda.	10
Tabla 6: Características del cemento.	11
Tabla 7: Características del mortero.	12
Tabla 8: Datos y requerimientos del sin fin alimentador.	13
Tabla 9: Tabla resumen características sin fin alimentador.	19
Tabla 10: Datos y requerimientos del sin fin dosificador.	20
Tabla 11: Tabla resumen características sin fin dosificador.	26
Tabla 12: Datos y requerimientos del agitador.	27
Tabla 13: Tabla resumen características del agitador.	34
Tabla 14: Datos y requerimientos de la cinta transportadora.	34
Tabla 15: Perímetro de los tambores directrices según su diámetro.	37
Tabla 16: Velocidad angular de los tambores según la velocidad de la cinta y el radio de los tambores.	37
Tabla 17: Tabla resumen características de la cinta transportadora.	38
Tabla 18: Características del motor del sin fin alimentador.	41
Tabla 19: Presupuesto motor del sin fin alimentador.	41
Tabla 20: Características del reductor del sin fin alimentador.	42
Tabla 21: Presupuesto reductor del sin fin alimentador.	42
Tabla 22: Características del motor del sin fin dosificador.	43
Tabla 23: Presupuesto motor del sin fin dosificador.	43
Tabla 24: Características del reductor del sin fin dosificador.	43
Tabla 25: Presupuesto reductor del sin fin dosificador.	43
Tabla 26: Características del motor del agitador.	44
Tabla 27: Presupuesto motor del agitador.	44
Tabla 28: Características del reductor del agitador.	45
Tabla 29: Presupuesto reductor del agitador.	45
Tabla 30: Características del motor de la cinta transportadora.	46

Tabla 31: Presupuesto motor de la cinta transportadora.....	46
Tabla 32: Características del reductor de la cinta transportadora.	46
Tabla 33: Presupuesto reductor la cinta transportadora.....	46
Tabla 34: Cilindro Festo ADN.....	54
Tabla 35: Fuente de alimentación SIEMENS.....	55
Tabla 36: PLC SIEMENS S7 1217C.	56
Tabla 37: Pantalla SIEMENS SIMATIC TP1200.....	57
Tabla 38: Pulsador de Emergencia Sirius.....	57
Tabla 39: Pulsador de rearme de la máquina Sirius.	58
Tabla 40: Conmutador encendido / apagado Sirius.	58
Tabla 41: Interruptor Magnetotérmico Automático General Schneider Electric..	60
Tabla 42: Interruptor diferencial general Schneider Electric.	60
Tabla 43: Disyuntor magnetotérmico motor sin fin alimentador Altech.....	61
Tabla 44: Disyuntor magnetotérmico motor sin fin dosificador Altech.	62
Tabla 45: Disyuntor magnetotérmico motor agitador Altech.....	63
Tabla 46: Disyuntor magnetotérmico motor cinta transportadora Altech.	64
Tabla 47: Disyuntor magnetotérmico de la fuente de alimentación Altech.	64
Tabla 48: Interruptor de aislamiento Eaton.	65
Tabla 49: Contactores Sirius.	66
Tabla 50: Relés Auxiliares Omron.....	66
Tabla 51: Variadores de frecuencia Mitsubishi D700 FR-D7.	67
Tabla 52: Electroválvula Festo VUVS P53E.....	69
Tabla 53: Sensor Capacitivo Tempatron.	69
Tabla 54: Sensor de nivel de la tolva Siemens Sitrans LVS200.	70
Tabla 55: Sensor inductivo de posición de un cilindro Festo.	70
Tabla 56: Presupuesto Cuadro Eléctrico.	95
Tabla 57: Presupuesto instalación de campo.....	96
Tabla 58: Presupuesto cableado.....	97

INDICES

Tabla 59: Presupuesto mano de obra.	98
Tabla 60: Resumen presupuesto e importe total.	98
Tabla 61: Tabla resumen de los motores.	99
Tabla 62: Tabla resumen de los reductores.	100
Tabla 63: Tabla resumen del presupuesto.	101

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Flujo de material de un tornillo sin fin.	14
Ecuación 2: Superficie de un círculo.	14
Ecuación 3: Velocidad lineal de un tornillo sin fin.	14
Ecuación 4: Potencia para el desplazamiento horizontal del material.	15
Ecuación 5: Potencia de accionamiento de un tornillo sin fin en vacío.	16
Ecuación 6: Potencia total de un motor.	16
Ecuación 7: Cálculo del par de un motor eléctrico.	17
Ecuación 8: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	17
Ecuación 9: Relación de transmisión entrada/salida.	18
Ecuación 10: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	18
Ecuación 11: Cálculo del par de un motor reductor.	18
Ecuación 12: Flujo de material de un tornillo sin fin.	20
Ecuación 13: Superficie de un círculo.	21
Ecuación 14: Velocidad lineal de un tornillo sin fin.	21
Ecuación 15: Potencia para el desplazamiento vertical del material.	22
Ecuación 16: Potencia de accionamiento de un tornillo sin fin en vacío.	22
Ecuación 17: Potencia total de un motor.	23
Ecuación 18: Cálculo del par de un motor eléctrico.	24
Ecuación 19: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	24
Ecuación 20: Relación de transmisión entrada/salida.	24



Ecuación 21: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	25
Ecuación 22: Cálculo del par de un motor reductor.	25
Ecuación 23: Cálculo de la viscosidad dinámica del mortero.	27
Ecuación 24: Ecuación de la viscosidad dinámica.	29
Ecuación 25: Par del reductor del agitador.	30
Ecuación 26: Relación de transmisión entrada/salida.	30
Ecuación 27: Cálculo del par de un motor eléctrico.	31
Ecuación 28: Cálculo del par de un motor eléctrico.	31
Ecuación 29: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	32
Ecuación 30: Cálculo del par de un motor eléctrico.	32
Ecuación 31: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	32
Ecuación 32: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	33
Ecuación 33: Cálculo del par de un motor reductor.	33
Ecuación 34: Potencia de accionamiento de una cinta transportadora.	35
Ecuación 35: Cálculo del par de un motor eléctrico.	36
Ecuación 36: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	36
Ecuación 37: Relación de transmisión entrada/salida.	37
Ecuación 38: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.	38
Ecuación 39: Cálculo del par de un motor reductor.	38
Ecuación 40: Cálculo de la fuerza realizada por un cilindro.	52
Ecuación 41: Consumo de un cilindro neumático.	53

1. RESUMEN

El estudiante de Grado en Ingeniería Mecatrónica de la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina, Javier Ortiz Latorre, presenta como trabajo final de grado, cálculo y selección de accionadores y componentes de una máquina industrial de llenado y automatización de esta.

En primer lugar, se va a realizar un estudio de los materiales con los que la máquina va a realizar el proceso de llenado.

En segundo lugar, se procede a calcular los accionadores con los que la máquina realiza el proceso:

- Motor eléctrico que mueve el tornillo sin fin alimentador.
- Motor eléctrico que mueve el tornillo sin fin dosificador.
- Motor eléctrico que mueve el agitador de la tolva.
- Motor eléctrico que mueve la cinta transportadora.
- Cilindros neumáticos que abren o cierran la boca de dosificado.

En tercer lugar, se seleccionarán tanto los motores y cilindros anteriormente calculados como los componentes eléctricos y electrónicos para que la realización del proceso de llenado sea posible.

En cuarto lugar, se realizarán los planos eléctricos de la máquina, tanto de potencia como de mando.

En quinto y último lugar, se realiza el programa del autómeta y su correspondiente Interfaz Humano – Máquina (HMI), con el cual se facilitará al operario el control de la máquina.

2. ABSTRACT

The student of Degree in Mechatronics Engineering of the Polytechnic University School of La Almunia de Doña Godina, Javier Ortiz Latorre, presents as final work of degree, calculation and selection of actuators and components of an industrial machine for filling and automation of this.

In the first place, a study of the materials with which the machine will carry out the filling process will be carried out.

Second, we proceed to calculate the actuators with which the machine performs the process:

- Electric motor that moves the auger feeder.
- Electric motor that moves the endless dosing screw.
- Electric motor that moves the agitator of the hopper.
- Electric motor that moves the conveyor belt.
- Pneumatic cylinders that open or close the dosing mouth.

In the third place, both the previously calculated engines and cylinders and the electrical and electronic components will be selected so that the completion of the filling process is possible.

In four places, the electrical drawings of the machine will be made, both power and control.

In fifth and last place, the program of the automaton and its corresponding Human - Machine Interface (HMI) is made, with which the operator will be given control of the machine.

3. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este Trabajo Final de Grado es automatizar todo el proceso de una máquina industrial de llenado ya sea de botes de 5 kilogramos, sacos de 25 kilogramos u otro tipo de recipientes mediante la instalación de un autómata programable que controle los siguientes procesos:

- Llenado de la tolva.
- Agitado del material que está dentro de la tolva.
- Dosificación de material al recipiente a llenar.
- Movimiento de una cinta transportadora.

En el presente trabajo, se difunden los criterios que se deben seguir para la realización de la automatización de la máquina, determinando los datos básicos y criterios de cálculo utilizados, planos eléctricos, programación del PLC y un presupuesto económico previsto.

Con la automatización se pretende conseguir una mayor producción con unos costes del proceso más bajos dado el continuo seguimiento de los parámetros que determinan una mejora del rendimiento de producción.

La parte del diseño mecánico de la máquina industrial de llenado que se desea automatizar ha sido realizada por el ingeniero Diego García Díez, el cual, ha propuesto al estudiante de grado en ingeniería mecatrónica Javier Ortiz Latorre, el diseño eléctrico (cálculo y selección de accionadores y componentes) y automatización de dicha máquina para la próxima fabricación y puesta en funcionamiento. Teniendo en cuenta las normas establecidas por el Reglamento Electrónico de Baja Tensión.

La siguiente imagen es el diseño mecánico de la máquina que se desea automatizar, en ella se puede observar dónde estarán posicionados los motores que accionan el agitador de material y el tornillo sin fin dosificador, también se pueden observar los cilindros que cierran o abren el cono que controla la dosificación de material a la hora del llenado del recipiente.

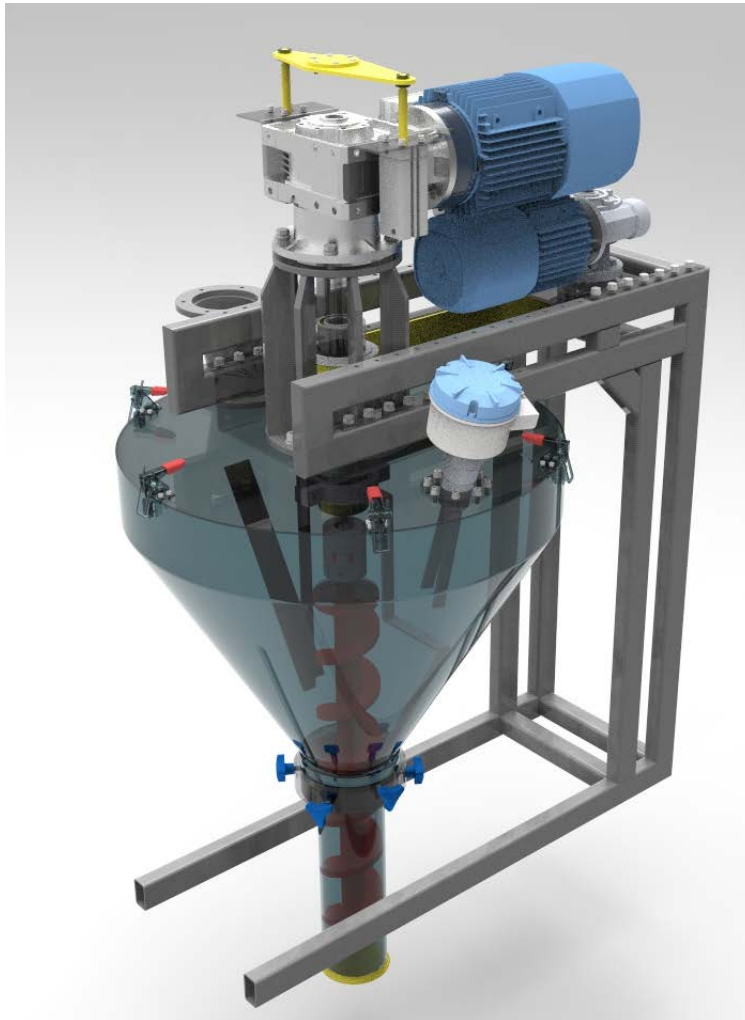


Ilustración 1: Máquina Industrial de Llenado de recipientes.

3.1. ANTECEDENTES

Dentro de la modalidad de máquinas de llenado, existen muchos tipos de sistemas de los cuales se pueden obtener alguna solución u ayuda para el cálculo y selección de componentes para la máquina.

Para la comprensión de la tecnología y métodos existentes para realizar la tarea se lleva a cabo un estudio de antecedentes de máquinas industriales de llenado existentes que cumplan el mismo propósito o que aporten algo que pueda interesar en el desarrollo del presente trabajo.

La cantidad de sistemas de este tipo es muy escasa (Llenado de un recipiente mediante un tornillo sin fin) y la poca información a la que se puede optar no es muy extensa debido al secretismo industrial que existe hoy en día.

La automatización de dicha máquina ha sido inspirada en las máquinas del fabricante All Fill, concretamente el modelo DHA-600. Aunque hay muy poca información acerca de esta máquina, su funcionamiento puede verse en vídeos de la plataforma de internet YouTube, en los cuales se explica brevemente su funcionamiento.



Ilustración 2: Máquina de llenado All Fill DHA-600

Aunque esta es la máquina que más se asemeja a la máquina de este trabajo final de grado (tanto físicamente, como su automatización), se han tenido en cuenta también otras máquinas de dicho fabricante. Como por ejemplo el modelo SV



Ilustración 3: Máquina de llenado All Fill SV-600.

4. ESTUDIO DE MATERIALES A DOSIFICAR

Los materiales con los que se va a trabajar se han decidido en base a su densidad.

En cuanto a este factor, los materiales se ordenarán desde la harina, ya que es el material más ligero y con menor densidad con el que se desea llenar recipientes, hasta el mortero, el cual es el material más pesado.

Los productos a estudiar son: Harina, granza de polímero (poliestireno), pellets, cemento Portland, arena seca, arena húmeda y mortero seco.

Hay que decir, que todos los materiales utilizados en la industria de la construcción y en el procesamiento de materias primas, entran dentro del rango de materiales que se van a estudiar.

A continuación, se muestra las conclusiones del estudio de cada material en una tabla.

Los datos que se necesitan para el desarrollo de la máquina son: densidad, fluidez del material, tamaño de la partícula y recomendaciones a la hora de ser transportado, ya sea en cinta o en tornillo sin-fin.

4.1. HARINA

La harina de trigo es un polvo hecho de la molienda del trigo. Se utiliza principalmente para el consumo humano.



Ilustración 4: Harina.

Características	Contenido
Apariencia	Polvo blanco y fino
Fluidez	Lento
Abrasivo	Abrasivo suave
Peso específico (densidad)	529 – 641 kg/m ³
Tamaño de la partícula	Muy fino (0,4 mm)
Nivel de llenado recomendado	30 %

Tabla 1: Características de la Harina.

4.2. POLIESTIRENO

El poliestireno es un polímero sintético hecho de monómero de estireno.



Ilustración 5: Poliestireno.

Características	Contenido
Apariencia	Pequeñas bolas blancas
Fluidez	Fluidez media
Abrasivo	Abrasivo suave
Peso específico (densidad)	641 kg/m ³
Tamaño de la partícula	Fino (3,35 mm)
Nivel de llenado recomendado	30 %
Riesgos	Contaminante y degradable

Tabla 2: Características del Poliestireno.

4.3. PELLETS

Los pellets de madera o pellas son un tipo de combustible granulado y alargado a base de madera (principalmente leña).

Los pellets se fabrican mediante prensado de serrín donde la propia lignina hace de aglomerante. No se necesita ningún pegamento ni otra sustancia más que la propia madera.



Ilustración 6: Pellets

Características	Contenido
Apariencia	Pequeños tacos de madera
Fluidez	Fluye libremente
Abrasivo	Abrasivo suave
Peso específico (densidad)	657 - 689 kg/m ³
Tamaño de la partícula	Granular 12,7 mm y bajo (C1/2)
Nivel de llenado recomendado	45 %
Riesgos	Inflamable

Tabla 3: Características de los pellets.

4.4. ARENA SECA

La arena es un material granular natural compuesto de partículas de rocas y minerales.



Ilustración 7: Arena seca.

Características	Contenido
Apariencia	Polvo de color marrón amarillento
Fluidez	Fluidez media
Abrasivo	Extremadamente abrasivo
Peso específico (densidad)	1442 - 1762 kg/m ³
Tamaño de la partícula	Muy fino (1 mm)
Nivel de llenado recomendado	15 %

Tabla 4: Características de la arena seca.

4.5. ARENA HÚMEDA

La arena húmeda es un material granular natural compuesto de partículas de rocas y minerales con un tanto por ciento de humedad, para conseguir una mezcla homogénea y un mantenimiento mayor de las propiedades.



Ilustración 8: Arena húmeda.

Características	Contenido
Apariencia	Polvo de color marrón
Fluidez	Lento
Abrasivo	Extremadamente abrasivo
Peso específico (densidad)	1762 - 2082 kg/m ³
Tamaño de la partícula	Muy fino (1 mm)
Nivel de llenado recomendado	15 %

Tabla 5: Características de la arena húmeda.

4.6. CEMENTO

El cemento Portland es el tipo más común de cemento de uso general en todo el mundo, que se utiliza como un ingrediente básico de hormigón, mortero, estuco y la mayoría no especializado.



Ilustración 9: Cemento Portland.

Características	Contenido
Apariencia	Polvo muy fino de color gris
Fluidez	Fluye libremente
Abrasivo	Moderadamente abrasivo
Peso específico (densidad)	961 - 1201 kg/m ³
Tamaño de la partícula	Muy Fino (0,15 mm)
Nivel de llenado recomendado	30 %
Riesgos	Se fluidifica con el aire

Tabla 6: Características del cemento.

4.7. MORTERO

El mortero seco es una mezcla de cemento y arena que, cuando se mezcla con agua forma una pasta trabajable utilizada para la unión de bloques en la construcción.



Ilustración 10: Mortero.

Características	Contenido
Apariencia	Pasta de color gris
Fluidez	Lento
Abrasivo	Abrasivo medio
Peso específico (densidad)	2402 kg/m ³
Tamaño de la partícula	Fino
Nivel de llenado recomendado	30 %
Riesgos	Ligeramente corrosivo

Tabla 7: Características del mortero.

(Admin Ingemecanica, 2018b; Biomasa forestal, 2018; Foro Emagister, 2018; «HORMIGON», s. f.; «Peso_Especifico_de_Materiales.pdf», s. f.; Scribd, 2018; Wikipedia, 2015, 2018a, 2018c)

5. CÁLCULOS

Para poder seleccionar con certeza los motores y los reductores, se han realizado unos cálculos en los cuales, se relacionan todas características técnicas en base a los materiales estudiados.

Así pues, en base a la velocidad de rotación, el tamaño del sin fin y la densidad del material, se obtienen unos datos de caudal, potencia y par que harán más fácil la selección más óptima para los motores de la máquina industrial de llenado.

5.1. CÁLCULO DEL MOTOR DEL SIN-FIN

ALIMENTADOR

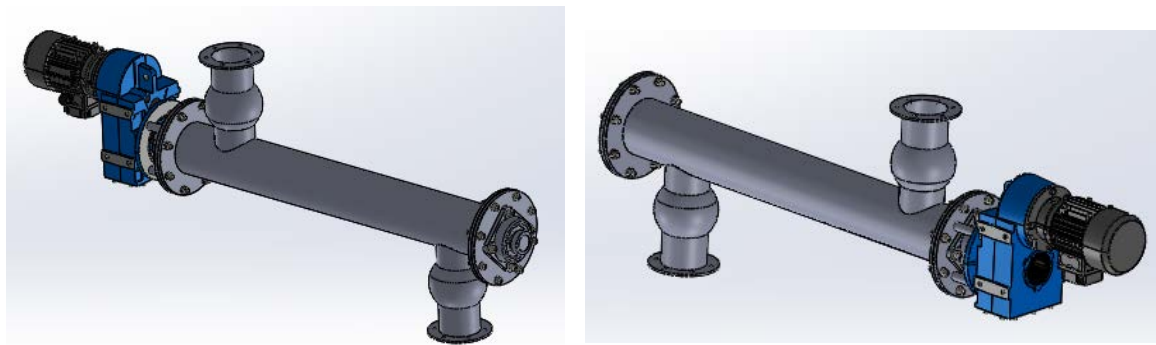


Ilustración 11: Sin fin alimentador.

5.1.1. Datos y requerimientos de funcionamiento del alimentador

Velocidad de giro del tornillo sin fin	75 revoluciones por minuto
Diámetro del canalón alimentador	150 milímetros
Inclinación del canalón alimentador	0 grados
Longitud del canalón del alimentador	1 metro
Paso del tornillo sin fin	150 milímetros

Tabla 8: Datos y requerimientos del sin fin alimentador.

5.1.2. Cálculo del flujo de material del tornillo sin fin alimentador

La capacidad de transporte de un transportador de tornillo sin fin viene determinada por la siguiente expresión que calcula el flujo de material transportado:

$$Q \left(\frac{t}{h} \right) = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \rho \cdot i$$

Ecuación 1: Flujo de material de un tornillo sin fin.

Dónde:

Q es el flujo de material transportado en t/h.

S es el área de relleno del transportador, en m².

v es la velocidad de desplazamiento del transportador en m/s. (Para materiales pesados, la velocidad de giro será de n = 50 revoluciones por minuto y para materiales ligeros, una velocidad de giro n < 150 revoluciones por minuto).

ρ es la densidad del material transportado, en t/m³.

i es el coeficiente de disminución del flujo de material debido a la inclinación del transportador.

Siendo:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Ecuación 2: Superficie de un círculo.

$$v = \frac{p \cdot n}{60}$$

Ecuación 3: Velocidad lineal de un tornillo sin fin.

Dónde:

D es el diámetro del tornillo sin fin, en m.

p es el paso del tornillo sin fin, en m.

n es el número de revoluciones por minuto a las que gira el tornillo sin fin.

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente i de disminución de flujo que indica la reducción de capacidad de transporte debida a la inclinación.

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
<i>i</i>	1	0,9	0,8	0,7	0,6

*Ilustración 12: Valores del coeficiente *i* de disminución de flujo.*

Para el cálculo del flujo de material transportado en el tornillo sin fin alimentador, el diámetro de del tornillo sin fin alimentador es de 150 mm, el paso de este tornillo sin fin será de 150 mm, tiene una velocidad de giro de 75 revoluciones por minuto (velocidad intermedia, ya que se trabaja con materiales pesados y ligeros) y una densidad de 2,402 t/m³, la cual corresponde al material más denso con el cual se desea trabajar, el mortero.

$$Q\left(\frac{t}{h}\right) = 3600 \cdot \left(\frac{\pi \cdot (0,150 \text{ m})^2}{4}\right) \cdot \left(\frac{0,150 \text{ m} \cdot 75 \text{ rpm}}{60 \text{ min/h}}\right) \cdot 2,402 \text{ t/m}^3 \cdot 1$$

$$Q\left(\frac{t}{h}\right) = 29,820 \text{ t/h}$$

$$Q\left(\frac{t}{h}\right) = 497 \text{ kg/min}$$

5.1.3. Cálculo de la potencia del motor eléctrico del sin fin alimentador

La potencia total necesaria para el accionamiento de un transportador de tornillo resulta de la suma de la potencia de desplazamiento horizontal del material y de la potencia de accionamiento del tornillo en vacío.

- Potencia para el desplazamiento horizontal del material (P_H).

La potencia necesaria para realizar el desplazamiento horizontal de material se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_H(kW) = c_0 \cdot \frac{Q \cdot L}{367}$$

Ecuación 4: Potencia para el desplazamiento horizontal del material.

Dónde:

Q es el flujo de material transportado, en t/h.

L es la longitud del transportador, en m.

c_0 es el coeficiente de resistencia del material transportado. Para conocer el valor de este coeficiente, se puede consultar en la siguiente tabla obtenida a partir del ensayo con materiales de distinta naturaleza.

Tipo de material	Valor de c_0
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Ilustración 13: Coeficiente c_0 según el tipo de material.

Se toma el valor más alto, ya que, al trabajar con varios materiales, siempre se escogerá el caso más desfavorable.

- Potencia de accionamiento de un tornillo sin fin en vacío (P_N).

La potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío se calcula con la siguiente expresión:

$$P_N(kW) = \frac{D \cdot L}{20}$$

Ecuación 5: Potencia de accionamiento de un tornillo sin fin en vacío.

Dónde:

D es el diámetro de la sección del tubo del transportador, en m.

L es la longitud del tubo transportador, en m.

- Potencia Total (P_T).

Como se ha mencionado anteriormente, la potencia total del motor será la suma de la potencia de accionamiento de un tornillo sin fin para desplazamiento horizontal del material y la potencia de accionamiento de un tornillo sin fin en vacío.

$$P_T(kW) = c_0 \cdot \frac{Q \cdot L}{367} + \frac{D \cdot L}{20}$$

Ecuación 6: Potencia total de un motor.

$$P_T(kW) = 4 \cdot \frac{29,820 \text{ t/h} \cdot 1 \text{ m}}{367} + \frac{0,150 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}}{20}$$

$$P_T(kW) = 0,325 \text{ kW} + 0,0075 \text{ kW} = 0,33 \text{ kW}$$

Para la selección de un motor eléctrico para el tornillo sin fin alimentador, se aplica un coeficiente de seguridad $i = 2$; Por lo tanto, la nueva potencia total P_T será:

$$P_T(kW) = i \cdot P_T(kW) = 2 \cdot 0,33 kW = 0,66 kW$$

$$P_T(kW) = 0,66 kW$$

Se escogerá la potencia total del motor más cercana a la potencia calculada con el coeficiente de seguridad, la cual será:

$$P_T(kW) = 0,75 kW$$

5.1.4. Cálculo del par del motor eléctrico del sin fin alimentador

El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia o, dicho de otro modo, la tendencia de una fuerza para girar un objeto alrededor de un eje, la cual viene determinada por la siguiente expresión:

$$M = \frac{P_T}{w}$$

Ecuación 7: Cálculo del par de un motor eléctrico.

Dónde:

P_T es la potencia total en W.

w es la velocidad angular del tornillo sin fin, en rad/s.

Para el cálculo del par motor del sin fin alimentador, se utiliza una potencia total $P_T = 750 W$ y una velocidad angular del motor eléctrico $w = 157,08$ radianes/segundo, la cual equivale a 1500 revoluciones por minuto.

$$\frac{1500 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{157,08 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 8: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$M = \frac{750 W}{157,08 \text{ rad/s}} = 4,776 N \cdot m$$

5.1.5. Relación de transmisión para el motor del sin fin alimentador

Como se desea que el tornillo del sin fin alimentador gira a una velocidad $n = 75$ revoluciones por minuto y el motor escogido, al ser de cuatro polos (ya que es el tipo de motor más estandarizado y el que mejor prestación potencia/consumo ofrece), gira a una velocidad $n = 1500$ revoluciones por minuto. Se va a calcular el reductor necesario para cumplir los requisitos establecidos.

El tipo de reductor que se va a seleccionar es de tornillo sin fin – corona, ya que es uno de los reductores más utilizados en la industria y también ofrece una gran relación entre el índice de reducción y par.

$$i = \frac{n_{Entrada}}{n_{salida}}$$

Ecuación 9: Relación de transmisión entrada/salida.

$$i = \frac{1500 \text{ revoluciones por minuto}}{75 \text{ revoluciones por minuto}} = 20$$

5.1.6. Cálculo del par de salida del reductor del sin fin alimentador

Para el cálculo del reductor, se utiliza una potencia total $P_T = 750$ W y una velocidad angular del motor eléctrico $w = 7,854$ radianes/segundo, la cual equivale a 75 revoluciones por minuto (velocidad a la que girará el tornillo sin fin).

$$\frac{75 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{7,854 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 10: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$M = \frac{P_T}{w}$$

Ecuación 11: Cálculo del par de un motor reductor.

$$M = \frac{750 \text{ W}}{7,854 \text{ rad/s}} = 95,493 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5.1.7. Conclusiones del sin fin alimentador

Con esto queda calculado el accionador del sin fin alimentador, se verifica que el par del reductor es veinte veces superior par del motor eléctrico.

Estos datos se utilizarán en la fase del proceso de automatización para el dimensionamiento de los cables y elementos electrónicos.

Flujo de material del tornillo sin fin alimentador	29,820 t/h = 497 kg/min
Potencia del motor del tornillo sin fin alimentador	0,75 kW
Par del motor del tornillo sin fin alimentador	4,776 N · m
Par del reductor del tornillo sin fin alimentador	95,493 N · m
Relación de transmisión del reductor	20

Tabla 9: Tabla resumen características sin fin alimentador.

5.2. CÁLCULO DEL MOTOR DEL SIN-FIN DOSIFICADOR

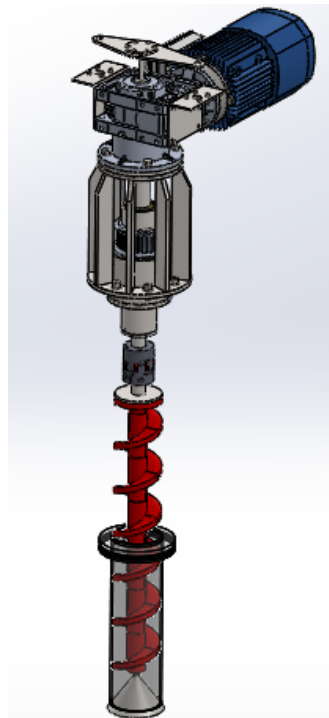


Ilustración 14: Sin fin dosificador.

5.2.1. Datos y requerimientos de funcionamiento del sin fin dosificador

Velocidad de giro del sin fin	150 revoluciones por minuto
Diámetro del canalón del sin fin	100 milímetros
Inclinación del canalón del sin fin	90 grados
Longitud del canalón del sin fin	690 milímetros
Paso del tornillo sin fin	100 milímetros

Tabla 10: Datos y requerimientos del sin fin dosificador.

5.2.2. Cálculo del flujo de material del tornillo sin fin dosificador

Como en el caso del tornillo sin fin dosificador, la capacidad de transporte de un transportador de tornillo sin fin viene determinada por la siguiente expresión que calcula el flujo de material transportado:

$$Q \left(\frac{t}{h} \right) = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \rho \cdot i$$

Ecuación 12: Flujo de material de un tornillo sin fin.

Dónde:

Q es el flujo de material transportado en t/h.

S es el área de relleno del transportador, en m².

v es la velocidad de desplazamiento del transportador en m/s. (Para materiales pesados, la velocidad de giro será de $n = 50$ revoluciones por minuto y para materiales ligeros, una velocidad de giro $n \leq 150$ revoluciones por minuto).

ρ es la densidad del material transportado, en t/m³.

i es el coeficiente de disminución del flujo de material debido a la inclinación del transportador.

Siendo:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Ecuación 13: Superficie de un círculo.

$$v = \frac{p \cdot n}{60}$$

Ecuación 14: Velocidad lineal de un tornillo sin fin.

Dónde:

D es el diámetro del tornillo sin fin, en m.

p es el paso del tornillo sin fin, en m.

n es el número de revoluciones por minuto a las que gira el tornillo sin fin.

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente *i* de disminución de flujo que indica la reducción de capacidad de transporte debida a la inclinación.

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
<i>i</i>	1	0,9	0,8	0,7	0,6

*Ilustración 15: Valores del coeficiente *i* de disminución de flujo.*

Para el cálculo del flujo de material transportado en el tornillo sin fin dosificador, el diámetro de del tornillo sin fin dosificador es de 100 mm, el paso de este tornillo sin fin será de 100 mm, tiene una velocidad de giro de 150 revoluciones por minuto (velocidad máxima, ya que al trabajar con materiales pesados y ligeros, en este caso se calcula con la mayor velocidad para calcular el motor con los datos más desfavorables) y una densidad de 2,402 t/m³, la cual corresponde al material más denso con el cual se desea trabajar, el mortero.

$$Q \left(\frac{t}{h} \right) = 3600 \cdot \left(\frac{\pi \cdot (0,100 \text{ m})^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{0,100 \text{ m} \cdot 150 \text{ rpm}}{60 \text{ min/h}} \right) \cdot 2,402 \text{ t/m}^3 \cdot 1$$

$$Q \left(\frac{t}{h} \right) = 16,9787 \text{ t/h}$$

$$Q \left(\frac{t}{h} \right) = 282,9789 \text{ kg/min}$$

5.2.3. *Cálculo de la potencia del motor eléctrico del sin fin dosificador*

La potencia total necesaria para el accionamiento de un transportador de tornillo resulta de la suma de la potencia de desplazamiento horizontal del material y de la potencia de accionamiento del tornillo en vacío.

- Potencia para el desplazamiento del material en un tornillo sin fin inclinado (P_I).

Esta componente se aplica para el caso que se use un transportador de material de tornillo sin fin inclinado, donde exista una diferencia de altura (H) entre la boca de entrada del material y la boca de salida de este.

En este caso, la potencia necesaria para realizar el desplazamiento del material por un transportador de tornillo sin fin empleará la siguiente fórmula.

$$P_I(kW) = \frac{Q \cdot H}{367}$$

Ecuación 15: Potencia para el desplazamiento vertical del material.

Dónde:

Q es el flujo de material transportado, en t/h.

H es la altura de la instalación, en m.

- Potencia de accionamiento de un tornillo sin fin en vacío (P_N).

La potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío se calcula con la siguiente expresión:

$$P_N(kW) = \frac{D \cdot L}{20}$$

Ecuación 16: Potencia de accionamiento de un tornillo sin fin en vacío.

Dónde:

D es el diámetro de la sección del tubo del transportador, en m.

L es la longitud del transportador, en m.

- Potencia Total (P_T).

Como se ha mencionado anteriormente, la potencia total del motor será la suma de la potencia de accionamiento de un tornillo sin fin para desplazamiento horizontal del material y la potencia de accionamiento de un tornillo sin fin en vacío.

$$P_T(kW) = \frac{Q \cdot H}{367} + \frac{D \cdot L}{20}$$

Ecuación 17: Potencia total de un motor.

$$P_T(kW) = \frac{16,9787 \text{ t/h} \cdot 0,957 \text{ m}}{367} + \frac{0,100 \text{ m} \cdot 0,690 \text{ m}}{20}$$

$$P_T(kW) = 0,0442 \text{ kW} + 0,00345 \text{ kW} = 0,04765 \text{ kW}$$

Para la selección de un motor eléctrico para el tornillo sin fin dosificador, se aplica un coeficiente de seguridad $i = 2$; Por lo tanto, la nueva potencia total P_T será:

$$P_T(kW) = i \cdot P_T(kW) = 2 \cdot 0,047 \text{ kW} = 0,0953 \text{ kW}$$

$$P_T(kW) = 0,0953 \text{ kW}$$

Se escogerá la potencia total del motor más cercana a la potencia calculada con el coeficiente de seguridad, la cual será:

$$P_T(kW) = 0,12 \text{ kW}$$

Aunque con esa potencia sería suficiente, el fabricante del tornillo sin fin recomienda una potencia total de al menos 1 kW, ya que este tornillo sin fin va a realizar un trabajo intermitente y de alta precisión. También se tiene en cuenta el rozamiento del tornillo sin fin con el tubo encauzador, ya que estos tendrán un gran ajuste. Por lo tanto, la potencia total del motor más cercana a la potencia recomendada por el fabricante del tornillo sin fin dosificador será:

$$P_T(kW) = 1,1 \text{ kW}$$

5.2.4. Cálculo del par del motor eléctrico del sin fin dosificador

El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia o, dicho de otro modo, la tendencia de una fuerza para girar un objeto alrededor de un eje, la cual viene determinada por la siguiente expresión:

$$M = \frac{P_T}{w}$$

Ecuación 18: Cálculo del par de un motor eléctrico.

Dónde:

P_T es la potencia total en W.

w es la velocidad angular del tornillo sin fin, en rad/s.

Para el cálculo del par motor del sin fin dosificador, se utiliza una potencia total $P_T = 1100$ W y una velocidad angular $w = 15,708$ radianes/segundo, la cual equivale a 1500 revoluciones/minuto.

$$\frac{1500 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{157,08 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 19: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$M = \frac{1100 \text{ W}}{157,08 \text{ rad/s}} = 7,003 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5.2.5. Relación de transmisión para el motor del sin fin dosificador

Como se desea que el tornillo del sin fin dosificador gira a una velocidad $n = 150$ revoluciones por minuto y el motor escogido, al ser de cuatro polos (ya que es el tipo de motor más estandarizado y el que mejor prestación potencia/consumo ofrece), gira a una velocidad $n = 1500$ revoluciones por minuto. Se va a calcular el reductor necesario para cumplir los requisitos establecidos.

El tipo de reductor que se va a seleccionar es de tornillo sin fin – corona, ya que es uno de los reductores más utilizados en la industria y también ofrece una gran relación entre el índice de reducción y par.

$$i = \frac{n_{\text{Entrada}}}{n_{\text{Salida}}}$$

Ecuación 20: Relación de transmisión entrada/salida.

$$i = \frac{1500 \text{ revoluciones por minuto}}{150 \text{ revoluciones por minuto}} = 10$$

5.2.6. Cálculo del par de salida del reductor del sin fin dosificador

Para el cálculo del reductor, se utiliza una potencia total $P_T = 1100 \text{ W}$ y una velocidad angular del motor eléctrico $w = 7,854 \text{ radianes/segundo}$, la cual equivale a 75 revoluciones/minuto (velocidad a la que girará el tornillo sin fin).

$$\frac{150 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{15,708 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 21: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$M = \frac{P_T}{w}$$

Ecuación 22: Cálculo del par de un motor reductor.

$$M = \frac{1100 \text{ W}}{15,708 \text{ rad/s}} = 70,03 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5.2.7. Conclusiones del sin fin dosificador

Con esto queda calculado el accionador del sin fin dosificador, se verifica que el par ofrecido por el reductor es diez veces superior al par del motor eléctrico.

En el caso de este motor, el resultado de la potencia es muy bajo, 0,12 kW, esto se debe a que, al ser un transportador de tornillo sin fin vertical, la fuerza de la gravedad ayuda al dosificado de material, por lo que con un motor con una potencia baja que sea capaz de accionar el tornillo sin fin, sería suficiente para realizar la tarea, aunque por recomendación del fabricante del tornillo sin fin, se ha escogido una potencia de 1,1 kW, ya que como se ha mencionado en el apartado del cálculo de la potencia, se tiene en cuenta que el tornillo sin fin dosificador va a realizar un trabajo intermitente y el tornillo sin fin dosificador y el tubo encauzador dispondrán de un gran ajuste.

Estos datos se utilizarán en la fase del proceso de automatización para el dimensionamiento de los cables y elementos electrónicos.

Flujo de material del tornillo sin fin dosificador	$16,9787 \text{ t/h} = 282,9789 \text{ kg/min}$
Potencia del motor del tornillo sin fin dosificador	$1,1 \text{ kW}$
Par del motor del tornillo sin fin dosificador	$7,003 \text{ N} \cdot \text{m}$
Par del reductor del tornillo sin fin dosificador	$70,03 \text{ N} \cdot \text{m}$
Relación de transmisión del reductor	10

Tabla 11: Tabla resumen características sin fin dosificador.

5.3. CÁLCULO DEL MOTOR DEL AGITADOR

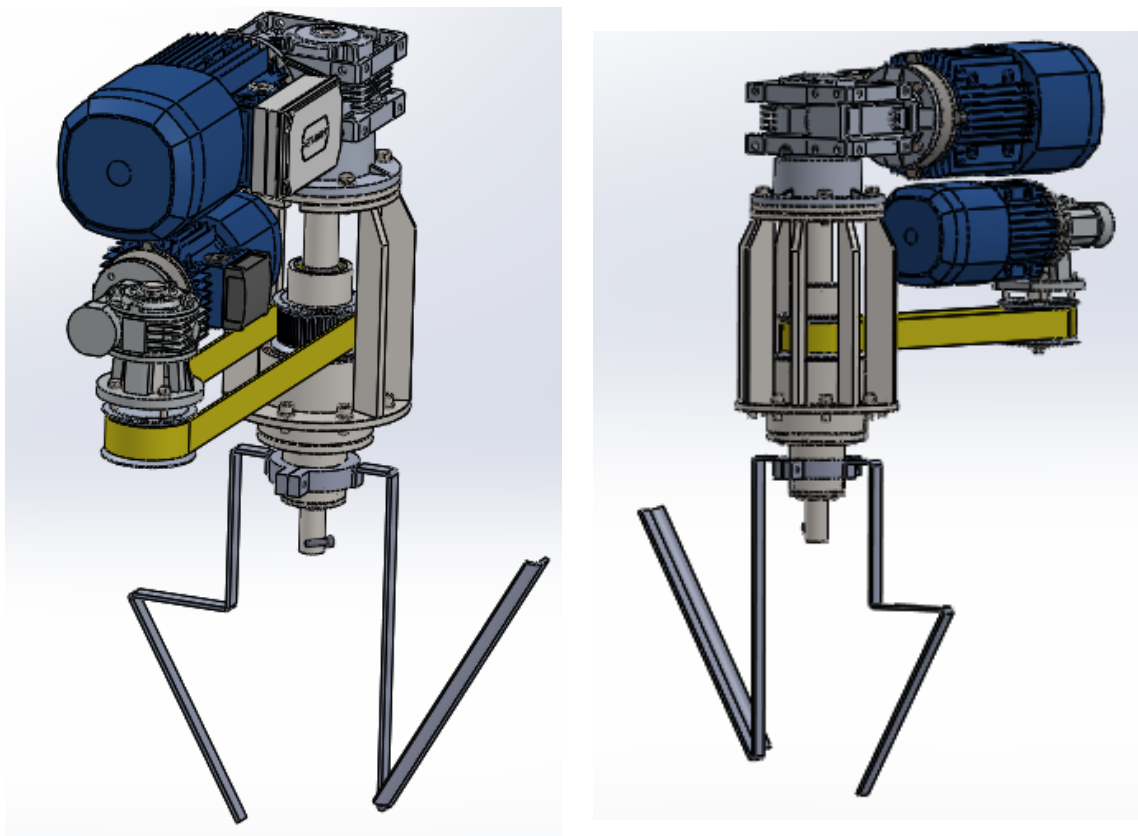


Ilustración 16: Agitador.

5.3.1. Datos y requerimientos de funcionamiento del agitador

Las medidas del agitador las proporciona el diseñador de la máquina.

Velocidad de giro	20 revoluciones por minuto
Radio máximo del agitador	292 milímetros
Área total de las palas del agitador	$13455 \text{ mm}^2 \rightarrow 13,455 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

Tabla 12: Datos y requerimientos del agitador.

5.3.2. Cálculo del par mínimo del reductor del agitador

Para el cálculo de este motor, en primer lugar, es necesario hallar la fuerza que tienen que hacer las palas del agitador, la cual, al multiplicarla por la distancia máxima de las palas, se haya el par del reductor.

En primer lugar, se procede a calcular la viscosidad del material con el que se va a trabajar en la máquina.

Para el cálculo de la viscosidad se escoge el mortero, ya que es el material más denso y viscoso con el que se va a trabajar en esta máquina, para ello, se empleará el modelo semi-empírico para evaluar la viscosidad dinámica de este material.

$$\mu = 25 \cdot 10^{-3} \cdot \rho \cdot T$$

Ecuación 23: Cálculo de la viscosidad dinámica del mortero.

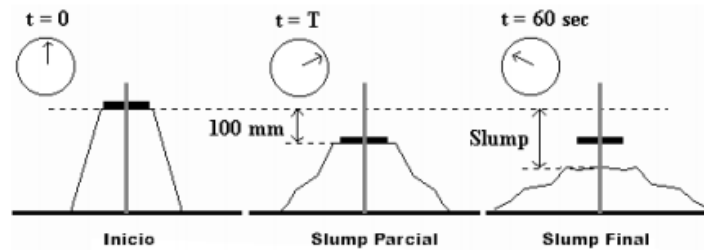
Dónde:

μ es la viscosidad del hormigón en Pascales · segundo.

ρ es la densidad del hormigón, en Kilogramos / metro ³.

T es el tiempo que tarda en estabilizarse el Slump, en segundos. En este caso se escogerá el tiempo máximo que el hormigón se encontrará dentro de la máquina.

El Slump es una prueba desarrollada en el Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías de Estados Unidos, en la cual se realiza una medición en milímetros de la estabilidad de un cono de hormigón.


Ilustración 17: Ejemplo de Slump.

Para el cálculo de la viscosidad del hormigón con el que se va a trabajar, se ha elegido un hormigón con una consistencia plástica de clase S2.

CONSISTENCIA EN CONO		NORMATIVA EUROPEA	
Consistencia	Asentamiento en cm.	Clase	Asentamiento en mm.
Seca	0 a 2	S1	10 a 40
Plástica	3 a 5	S2	50 a 90
Blanda	6 a 9	S3	100 a 150
Fluida	10 a 15	S4	≥ 160
Líquida	≥ 16		

Consistencia del Hormigón	Aspecto	Asentamiento [cm]	Método de Compactación
A-1 Seca	Suelto y sin cohesión	1,0 a 4,5	Vibración potente, apisonado enérgico en capas delgadas
A-2 Plástica	Levemente cohesivo	5,0 a 9,5	Vibración normal, varillado y apisonado.
A-3 Blando	Levemente fluido	10,0 a 15,0	Vibración leve, varillado.
A-4 Superfluidificado	Fluido	15,5 a 22,0	Muy leve y cuidadosa vibración, varillado

Ilustración 18: Consistencia del mortero.

El tiempo que el hormigón permanecerá en la máquina será de 10 minutos, es decir, 600 segundos, aunque en el ensayo de Slump, el asentamiento del hormigón ha sido de 60 segundos y el Slump ha sido de 70 milímetros, por lo que la expresión de la viscosidad queda de la siguiente forma:

$$\mu = 25 \cdot 10^{-3} \cdot 2402 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 600 \text{ seg} = 36030 \text{ Pa} \cdot \text{s} \rightarrow 36030 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$$

En segundo lugar, se calcula la superficie de la pala en movimiento.

$$Area_{Pala A} = Longitud_{Pala A} \cdot Espesor_{Pala A}$$

$$Area_{Pala A} = (25 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 407 \text{ mm}) \cdot 5 \text{ mm} + 379 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm} = 9990 \text{ mm}^2$$

$$Area_{Pala B} = Longitud_{Pala B} \cdot Espesor_{Pala B}$$

$$Area_{Pala B} = (25 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 195 \text{ mm} + 123 \text{ mm} + 300 \text{ mm}) \cdot 5 \text{ mm} = 3465 \text{ mm}^2$$

$$Area_{Total} = Area_{Pala A} + Area_{Pala B} = 9990 \text{ mm}^2 + 3465 \text{ mm}^2 = 13455 \text{ mm}^2$$

$$Area_{Total} = 13455 \text{ mm}^2 \rightarrow 13,455 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Para el cálculo de la fuerza de rozamiento que las palas del agitador deben de vencer, se utiliza la siguiente expresión:

$$\mu = \frac{F_R \cdot L}{S \cdot V}$$

Ecuación 24: Ecuación de la viscosidad dinámica.

Dónde:

μ es la viscosidad dinámica, en Pascales · segundo.

F_R es la fuerza de rozamiento, en Newtons.

L es la longitud máxima del agitador, en metros.

S es el área de las palas del agitador, en metros cuadrados.

V es la velocidad tangencial del agitador en metros por segundo.

Para el cálculo de la velocidad tangencial, se ha de transformar la velocidad angular a la cual, se desea que gire el agitador, para ello se realizan los siguientes cálculos:

$$w = \frac{20 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} = 2,094 \text{ radianes/segundo}$$

A esta velocidad angular en radianes / segundo, se le multiplica el radio del elemento que gira para obtener la velocidad lineal del agitador, el cual mide 292 milímetros.

$$V = 2,094 \frac{\text{radianes}}{\text{segundo}} \cdot 0,292 \text{ m} = 0,6114 \text{ m/s}$$

Una vez calculada la velocidad, ya se puede proceder a calcular la fuerza de rozamiento, la cual será la fuerza mínima que las palas deberán hacer para agitar el mortero.

$$F_R = \frac{\mu \cdot S \cdot V}{L} = \frac{36030 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot 13,455 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 0,6114 \text{ m/s}}{0,292 \text{ m}} = 1015,05 \text{ N}$$

A esta fuerza, se le ha de multiplicar la distancia máxima que hay desde el centro del reductor, hasta el punto más alejado de las palas agitadoras.

$$M = F_R \cdot r$$

Ecuación 25: Par del reductor del agitador.

Dónde:

M es el par motor, en N·m.

F_R es la fuerza de rozamiento en N.

r es la distancia desde el reductor hasta el punto más alejado del agitador, en m.

$$M = 1015,05 \text{ N} \cdot 0,292 \text{ m} = 296,39 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Este par es el par mínimo que el reductor tendrá que ofrecer para que se pueda agitar el hormigón.

5.3.3. Relación de transmisión para el motor del agitador

Como se desea que las palas del agitador giren a una velocidad $n = 20$ revoluciones por minuto y el motor escogido, al ser de cuatro polos (ya que es el tipo de motor más estandarizado y el que mejor prestación potencia/consumo ofrece), gira a una velocidad $n = 1500$ revoluciones por minuto. Se va a calcular el reductor necesario para cumplir los requisitos establecidos.

El tipo de reductor que se va a seleccionar es de tornillo sin fin – corona, ya que es uno de los reductores más utilizados en la industria y también ofrece una gran relación entre el índice de reducción y par.

$$i = \frac{n_{\text{Entrada}}}{n_{\text{Salida}}}$$

Ecuación 26: Relación de transmisión entrada/salida.

$$i = \frac{1500 \text{ revoluciones por minuto}}{20 \text{ revoluciones por minuto}} = 75$$

5.3.4. Cálculo del par mínimo del motor eléctrico del agitador

El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia o, dicho de otro modo, la tendencia de una fuerza para girar un objeto alrededor de un eje, la cual viene determinada por la siguiente expresión:

$$M_{Motor} = \frac{M_{Reductor}}{i}$$

Ecuación 27: Cálculo del par de un motor eléctrico.

Dónde:

M_{Motor} es el par del motor eléctrico en N·m.

$M_{Reductor}$ es el par del motor eléctrico en N·m.

i es la relación de transmisión entre la entrada y la salida del reductor, es adimensional.

$$M_{Motor} = \frac{296,39 \text{ N} \cdot \text{m}}{75} = 3,951 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El par calculado es el par mínimo que el motor eléctrico debe proporcionar para agitar el hormigón de dentro de la tolva.

5.3.5. Cálculo de la potencia del motor eléctrico del agitador

La potencia de un motor eléctrico conociendo el par motor de este, viene dado por la siguiente expresión:

$$P = M_{Motor} \cdot \omega$$

Ecuación 28: Cálculo del par de un motor eléctrico.

Dónde:

P es la potencia del motor eléctrico, en W.

M_{Motor} es el par motor, en N·m.

ω es la velocidad angular del motor, en radianes / segundo.

Como la velocidad angular del motor eléctrico viene dada en revoluciones por minuto, se realiza la conversión a radianes por segundo.

Como se sabe que el motor eléctrico que se va a elegir es de 4 polos, la velocidad angular de este será de 1500 revoluciones por minuto, la cual equivale a una velocidad angular de $\omega = 15,708$ radianes/segundo.

$$\frac{1500 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{157,08 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 29: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$P = 3,951 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 157,08 \text{ rad/seg} = 620,77 \text{ W} \rightarrow 0,62 \text{ kW}$$

Dicha potencia, es la potencia mínima que tiene que tener el motor eléctrico para vencer la fuerza de rozamiento del mortero. Para la selección del motor se aplica un coeficiente de seguridad $i = 2$; Por lo tanto, la nueva potencia total P_T será:

$$P_T(\text{kW}) = i \cdot P(\text{kW}) = 2 \cdot 0,62 \text{ kW} = 1,24 \text{ kW}$$

$$P_T(\text{kW}) = 1,24 \text{ kW}$$

Se escogerá la potencia total del motor más cercana a la potencia calculada con el coeficiente de seguridad, la cual será:

$$P_T(\text{kW}) = 1,5 \text{ kW}$$

5.3.6. Cálculo del par del motor eléctrico del agitador

El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia o, dicho de otro modo, la tendencia de una fuerza para girar un objeto alrededor de un eje, la cual viene determinada por la siguiente expresión:

$$M = \frac{P_T}{w}$$

Ecuación 30: Cálculo del par de un motor eléctrico.

Dónde:

P_T es la potencia total en W.

w es la velocidad angular de motor de la cinta transportadora, en rad/s.

Para el cálculo del par motor del agitador, se utiliza una potencia total $P_T = 1500$ W y una velocidad angular del motor eléctrico $w = 157,08$ radianes/segundo, la cual equivale a 1500 revoluciones por minuto.

$$\frac{1500 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{157,08 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 31: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$M = \frac{1500 \text{ W}}{157,08 \text{ rad/s}} = 9,5492 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5.3.7. Cálculo del par de salida del reductor del agitador

Para el cálculo del reductor, se utiliza una potencia total $P_T = 1500 \text{ W}$ y una velocidad angular del motor eléctrico $w = 2,0944 \text{ radianes/segundo}$, la cual equivale a 20 revoluciones/minuto (velocidad a la que girará el tornillo sin fin).

$$\frac{20 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{2,0944 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 32: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$M = \frac{P_T}{w}$$

Ecuación 33: Cálculo del par de un motor reductor.

$$M = \frac{1500 \text{ W}}{2,0944 \text{ rad/s}} = 716,19557 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Como se puede observar, el par de salida del reductor es superior al par necesario para vencer la fuerza de rozamiento, por lo que la elección de este motor es correcta.

5.3.8. Conclusiones del agitador

Con esto queda calculado el accionador del agitador, se verifica que el par del reductor es muy superior par del motor eléctrico.

Estos datos se utilizarán en la fase del proceso de automatización para el dimensionamiento de los cables y elementos electrónicos.

Fuerza de rozamiento del mortero	1015,05 N
Potencia mínima del motor del agitador	0,62 kW
Par mínimo del reductor del agitador	296,39 N · m
Potencia del motor del motor del agitador	1,5 kW
Par del motor del agitador	9,5492 N · m

Par del reductor del agitador	716,19557 $N \cdot m$
Relación de transmisión del reductor	75

Tabla 13: Tabla resumen características del agitador.

5.4. CÁLCULO DEL MOTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA

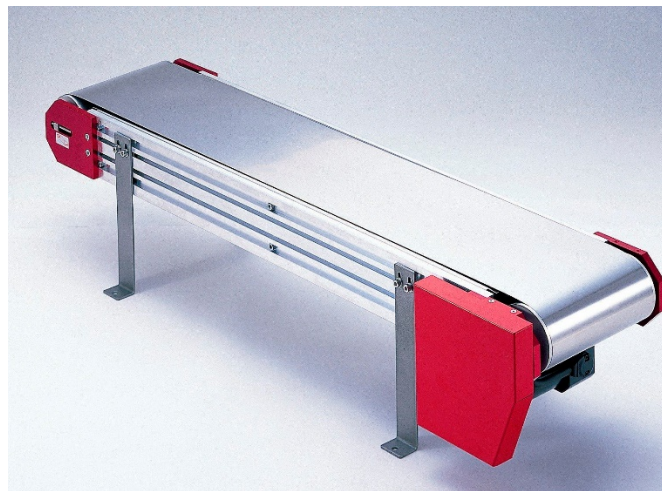


Ilustración 19: Cinta transportadora.

5.4.1. Datos y requerimientos de funcionamiento de la cinta transportadora

Velocidad lineal de la cinta transportadora	0,5 metros/segundo
Longitud de la cinta transportadora	3 metros
Cantidad máxima de botes que transporta	3 botes - 15 botes
Peso máximo de cada bote	25 kilogramos - 5 kilogramos
Diámetro de los tambores	150 milímetros

Tabla 14: Datos y requerimientos de la cinta transportadora.

5.4.2. Cálculo de la potencia del motor eléctrico de la cinta transportadora

La potencia total de un motor eléctrico que tiene como función mover una cinta transportadora viene dado por la siguiente expresión:

$$P_A(kW) = \frac{F_U \cdot V}{102}$$

Ecuación 34: Potencia de accionamiento de una cinta transportadora.

Dónde:

F_U es la fuerza tangencial en el tambor motriz, en Kg. Se trata de la suma de todas las fuerzas que actúan sobre dicha cinta.

V es la velocidad de la cinta transportadora en metros/segundo.

La velocidad lineal máxima de la cinta que va a transportar los botes que van a ser llenados está prefijada en $V = 0,5$ metros/segundo, aunque esta se regulará con un variador de frecuencia, para el cual, una frecuencia de corriente eléctrica de 50 hercios corresponderá a una velocidad de la cinta de 0,5 metros/segundo.

Como fuerza tangencial en el tambor motriz de la cinta transportadora, se toma el peso máximo que circulará por la cinta.

$$F_U = 3 \text{ botes} \cdot 25 \frac{\text{kg}}{\text{bote}} = 75 \text{ kg}$$

$$F_U = 15 \text{ botes} \cdot 5 \frac{\text{kg}}{\text{bote}} = 75 \text{ kg}$$

Aunque en la cinta habrá ciertos botes vacíos (dispuestos a ser llenados), se realiza el cálculo con todos los botes que se encuentran en la cinta transportadora en el momento de llenado.

$$P_A(kW) = \frac{75 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}}{102} = 0,3676 \text{ kW}$$

Para la selección de un motor eléctrico para el tornillo sin fin alimentador, se aplica un coeficiente de seguridad $i = 2$; Por lo tanto, la nueva potencia total P_T será:

$$P_T(kW) = i \cdot P_A(kW) = 2 \cdot 0,3676 \text{ kW} = 0,7353 \text{ kW}$$

$$P_T(kW) = 0,7353 \text{ kW}$$

Se escogerá la potencia total del motor más cercana a la potencia calculada con el coeficiente de seguridad, la cual será:

$$P_T(kW) = 0,75 \text{ kW}$$

5.4.3. Cálculo del par del motor eléctrico de la cinta transportadora

El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia o, dicho de otro modo, la tendencia de una fuerza para girar un objeto alrededor de un eje, la cual viene determinada por la siguiente expresión:

$$M = \frac{P_T}{\omega}$$

Ecuación 35: Cálculo del par de un motor eléctrico.

Dónde:

P_T es la potencia total en W.

ω es la velocidad angular de motor de la cinta transportadora, en rad/s.

Para el cálculo del par motor de la cinta transportadora, se utiliza una potencia total $P_T = 750$ W y una velocidad angular del motor eléctrico $\omega = 157,08$ radianes/segundo, la cual equivale a 1500 revoluciones por minuto.

$$\frac{1500 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{157,08 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 36: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$M = \frac{750 \text{ W}}{157,08 \text{ rad/s}} = 4,776 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5.4.4. Cálculo del reductor para el motor de la cinta transportadora

Como se desea que la cinta transportadora se mueva a una velocidad lineal $v = 0,5$ metros/segundo sin fin alimentador

El tipo de reductor que se va a seleccionar es de tornillo sin fin – corona, ya que es uno de los reductores más utilizados en la industria y también ofrece una gran relación entre el índice de reducción y par.

Para calcular la velocidad angular del reductor, se debe de transformar la velocidad lineal de la cinta, en velocidad angular, para ello se utilizan las siguientes expresiones:

$$P_{\text{Tambores}} = 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{Tambor}}$$

Tabla 15: Perímetro de los tambores directrices según su diámetro.

$$w_{\text{Tambores}} = \frac{v_{\text{Cinta Transportadora}} \cdot 1 \text{ vuelta}}{P_{\text{Tambores}}} \rightarrow w_{\text{Tambores}} = \frac{v_{\text{Cinta Transportadora}} \cdot 1 \text{ vuelta}}{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{Tambor}}}$$

Tabla 16: Velocidad angular de los tambores según la velocidad de la cinta y el radio de los tambores.

$$w_{\text{Tambores}} = \frac{0,5 \text{ metros/segundo} \cdot 1 \text{ vuelta}}{2 \cdot \pi \cdot 0,075 \text{ metros}} = 1,0610 \text{ revoluciones/segundo}$$

Para calcular las revoluciones por minuto del reductor, en este caso, como la velocidad es revoluciones/segundo, solo se tendrá que multiplicar por 60 segundos/minuto.

$$w_{\text{Tambores}} = \frac{1,0610 \text{ revoluciones}}{\text{segundo}} \cdot \frac{60 \text{ segundos}}{\text{minuto}} = 63,662 \text{ revoluciones/segundo}$$

Con esta velocidad angular en revoluciones por segundo, se calculará la relación de transmisión entre la entrada y la salida del reductor de velocidad.

$$i = \frac{n_{\text{Entrada}}}{n_{\text{Salida}}}$$

Ecuación 37: Relación de transmisión entrada/salida.

$$i = \frac{1500 \text{ revoluciones por minuto}}{63,662 \text{ revoluciones por minuto}} = 23,562$$

Como en este caso, la relación no es un número entero, se escogerá un reductor con una relación de transmisión muy cercana a esta, aunque nunca superior, ya que se utilizará un variador de frecuencia para regular dicha velocidad. Si se escogiera una relación de transmisión mayor a esta, el reductor proporcionaría una velocidad angular inferior a la que se necesita para que la cinta transportadora tenga una velocidad lineal de 0,5 metros/segundo.

5.4.5. Cálculo del par de salida del motor reductor de la cinta transportadora

Para el cálculo del reductor, se utiliza una potencia total $P_T = 750 \text{ W}$ y una velocidad angular del motor eléctrico $w = 6,6666 \text{ radianes/segundo}$, la cual equivale a 63,662 revoluciones/minuto (velocidad a la que girará el tornillo sin fin).

$$\frac{63,662 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} = \frac{6,6666 \text{ radianes}}{\text{segundo}}$$

Ecuación 38: Conversión de revoluciones/minuto a radianes/segundo.

$$M = \frac{P_T}{\omega}$$

Ecuación 39: Cálculo del par de un motor reductor.

$$M = \frac{750 \text{ W}}{6,6666 \text{ rad/s}} = 112,532 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5.4.6. Conclusiones de la cinta transportadora

Con esto queda calculado el accionador de la cinta transportadora, se puede observar que el par necesario para que la cinta transportadora tenga movimiento, es inferior al par ofrecido por el reductor.

Estos datos se utilizarán en la fase del proceso de automatización para el dimensionamiento de los cables y elementos electrónicos.

Potencia del motor de la cinta transportadora	0,75 kW
Par del motor de la cinta transportadora	4,776 N · m
Par del reductor de la cinta transportadora	112,532 N · m
Relación de transmisión del reductor	23,562

Tabla 17: Tabla resumen características de la cinta transportadora.

(Admin Directindustry, 2018; Admin Grupo Gaes, 2018; Admin Ingemecanica, 2018a; «Agitadores», s. f.; «HORMIGON», s. f.; «MOTORES BONFIGLIOLI», s. f.; «NORMATIVA DE SEGURIDAD MAQUINARIA», s. f.; «Selección Reductor», s. f.; «SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS», s. f.; Apuntes, 2015; Ronald Pingo Amaya, 2018)

6. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

Los componentes eléctricos se dividen en dos bloques, los que se encuentran en el interior del armario eléctrico y los que se encuentran en el exterior del armario eléctrico.

6.1. EXTERIOR DEL ARMARIO

En el exterior del armario, se encuentran los cuatro motores a gobernar, uno de ellos es el motor que regula el tornillo sin fin dosificador.

Con cada motor, habrá un interruptor de aislamiento tripolar, el cual cortará la corriente de dicho motor en caso de una emergencia o de mantenimiento

También se encuentran fuera del armario los dos cilindros que accionan el cono de cierre de la boca de llenado.

Por supuesto, también se encuentran fuera del armario eléctrico los elementos que informan del estado de la máquina:

- Un detector fotoeléctrico, el cual indica la presencia de un saco o un bote y así poder accionar el motor dosificador.
- Un sensor de nivel para informar si la tolva está llena o vacía y así poder accionar el cilindro alimentador.
- Dos detectores magnéticos que se colocan en los dos cilindros para saber cuándo el cono de la boca de llenado está abierto o cuando está cerrado.

6.2. INTERIOR DEL ARMARIO ELÉCTRICO

En el interior del armario se encuentra el autómatas, es el aparato electrónico capaz de recibir las ordenes de los detectores y realizar las instrucciones que el operario que maneja la máquina le ha ordenado. Este elemento podría ser un PLC o un controlador tipo Arduino. En este caso, se opta por un PLC por la fiabilidad y robustez que este ofrece.

También se situarán en el interior del armario los elementos de protección para los motores, como relés térmicos y los elementos de accionamiento, cuatro contactores para los cuatro motores y una electroválvula que gobierna los dos cilindros.



Elementos de maniobra, para que el operario pueda controlar la máquina. Para ello, cuenta con una pantalla HMI (Interfaz Humano - Máquina (HMI)), que en el apartado de desarrollo del programa se detallará lo que se puede regular.

Una seta de emergencia, la cual, al ser accionada, cortará la corriente de la máquina de inmediato. Un botón de Reset, el cual hará volver la máquina a su estado inicial después de un paro de emergencia.

Un interruptor general con el cual se podrá apagar y encender la máquina.

Dos variadores de frecuencia, los cuales corresponden al motor que acciona el tornillo sin fin dosificador y al motor que acciona la cinta transportadora. Un variador de frecuencia es un elemento capaz de variar la frecuencia de la corriente eléctrica desde 0 Hz hasta los 50 Hz de la red de corriente europea. Este dispositivo es más económico que un servomotor, y tanto en el caso del tornillo sin fin dosificador, como en la cinta transportadora, es suficiente. Lo que hace este dispositivo, es convertir una salida analógica del autómatas entre 0 y 10 voltios, en una salida al motor entre 0 y 50 hercios. 10 voltios corresponden a 50 hercios.

También se colocará un bornero, en el que se conectarán los elementos interiores con los exteriores.

7. SELECCIÓN DE LOS MOTORES Y REDUCTORES

Tanto para los motores, como los reductores, se ha elegido la marca Bonfiglioli, la cual es una empresa que se dedica a fabricar motores y reductores de una buena relación calidad / precio. A continuación, se procede a la selección de los motores y los reductores y una descripción de las características de los mismos en base a los cálculos realizados en el apartado anterior.

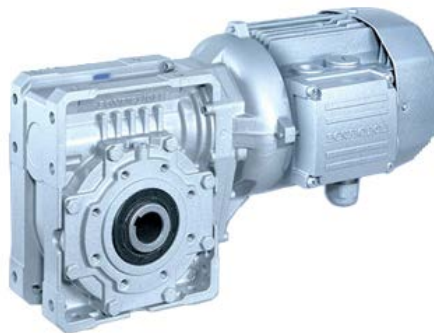


Ilustración 20: Motor-Reductor del fabricante Bonfiglioli.

7.1. SIN-FIN ALIMENTADOR

7.1.1. Motor

Para el motor, se ha seleccionado un motor de 4 polos, ya que es uno de los motores más estandarizados en el mercado, el cual gira aproximadamente a una velocidad de 1500 revoluciones por minuto debido a su construcción.

En base a los cálculos, el motor del tornillo sin fin dosificador, ha de ser de 0,75 kW. A continuación, se muestra una tabla con las características del motor:

Potencia	Par Motor	Rendimiento	cos ϕ	In (400 V)	P _{Activa}	P _{Reactiva}
0,75 kW	5,1 N·m	75 %	0,78	1,85 A	1 kW	0,802 kVAR

Tabla 18: Características del motor del sin fin alimentador.

Referencia	M 2SA 4 230/400-50 IP54 CLF B5 W
Número de elementos	1
Precio	174,04 €

Tabla 19: Presupuesto motor del sin fin alimentador.

7.1.2. Reductor

Para el reductor, se ha seleccionado un reductor de tornillo sin fin – corona, ya que es un reductor muy extendido en el mercado y que presenta una buena calidad.

En base a los cálculos, el reductor debe ofrecer una salida de 75 revoluciones por minuto, con una relación entre la entrada y la salida de 20. A continuación se muestra una tabla con las características del reductor:

i	N Salida	Par Salida
20	70 r.p.m.	85 N·m

Tabla 20: Características del reductor del sin fin alimentador.

Referencia	W 75_20 P80 BN80B4
Número de elementos	1
Precio	116,16 €

Tabla 21: Presupuesto reductor del sin fin alimentador.

7.1.3. Conclusiones

Como se puede observar, las características del motor seleccionado son muy similares a las que se han calculado anteriormente.

También se puede observar que, el reductor que se ha seleccionado se aproxima mucho al que se ha calculado de forma teórica, aunque sus características, como la velocidad y el par a la salida no son exactamente iguales a los calculados, esto es debido a que un motor eléctrico asíncrono, como el que se ha seleccionado, está conectado a una tensión de corriente alterna, por lo que su velocidad no es exactamente 1500 revoluciones por minuto, ya que esta velocidad varía mucho, aunque se aproxima mucho a las 1500 revoluciones por minuto.

7.2. SIN-FIN DOSIFICADOR

7.2.1. Motor

Para el motor, se ha seleccionado un motor de 4 polos, ya que es uno de los motores más estandarizados en el mercado, el cual gira aproximadamente a una velocidad de 1500 revoluciones por minuto debido a su construcción.

En base a los cálculos, el motor del tornillo sin fin dosificador, ha de ser de 1,1 kW. A continuación, se muestra una tabla con las características del motor:

Potencia	Par Motor	Rendimiento	cos ϕ	In (400 V)	P _{Activa}	P _{Reactiva}
1,1 kW	7,5 N·m	76,4 %	0,78	2,66 A	1,437 kW	1,153 kVAR

Tabla 22: Características del motor del sin fin dosificador.

Referencia	M 2SA 4 230/400-50 IP54 CLF B5 W
Número de elementos	1
Precio	206,30 €

Tabla 23: Presupuesto motor del sin fin dosificador.

7.2.2. Reductor

Para el reductor, se ha seleccionado un reductor de tornillo sin fin – corona, ya que es un reductor muy extendido en el mercado y que presenta una buena calidad.

En base a los cálculos, el reductor debe ofrecer una salida de 150 revoluciones por minuto, con una relación entre la entrada y la salida de $i = 10$. A continuación se muestra una tabla con las características del reductor:

i	N Salida	Par Salida
10	140 r.p.m.	65 N·m

Tabla 24: Características del reductor del sin fin dosificador.

Referencia	W 63_10 P90 BN90S4
Número de elementos	1
Precio	152,46 €

Tabla 25: Presupuesto reductor del sin fin dosificador.

7.2.3. Conclusiones

Como se puede observar, las características del motor seleccionado son muy similares a las que se han calculado anteriormente.

También se puede observar que, el reductor que se ha seleccionado se aproxima mucho al que se ha calculado de forma teórica, aunque sus características, como la

velocidad y el par a la salida no son exactamente iguales a los calculados, esto es debido a que un motor eléctrico asíncrono, como el que se ha seleccionado, está conectado a una tensión de corriente alterna, por lo que su velocidad no es exactamente 1500 revoluciones por minuto, ya que esta velocidad varía mucho, aunque se aproxima mucho a las 1500 revoluciones por minuto.

7.3. AGITADOR

7.3.1. Motor

Para el motor, se ha seleccionado un motor de 4 polos, ya que es uno de los motores más estandarizados en el mercado, el cual gira aproximadamente a una velocidad de 1500 revoluciones por minuto debido a su construcción.

En base a los cálculos, el motor del agitador ha de ser de 1,5 kW. A continuación, se muestra una tabla con las características del motor:

Potencia	Par Motor	Rendimiento	cos ϕ	In (400 V)	P _{Activa}	P _{Reactiva}
1,5 kW	10,2 N·m	79,6 %	0,77	3,5 A	1,867 kW	1,547 kVAR

Tabla 26: Características del motor del agitador.

Referencia	M 3SA 4 230/400-50 IP54 CLF B5 W
Número de elementos	1
Precio	408,59 €

Tabla 27: Presupuesto motor del agitador.

7.3.2. Reductor

Para el reductor, se ha seleccionado un reductor de tornillo sin fin – corona, ya que es un reductor muy extendido en el mercado y que presenta una buena calidad.

En base a los cálculos, el reductor debe ofrecer una salida de 20 revoluciones por minuto, con una relación entre la entrada y la salida de 75. A continuación se muestra una tabla con las características del reductor:

i	N Salida	Par Salida
69	20,4 r.p.m.	553 N·m

Tabla 28: Características del reductor del agitador.

En este caso, para un motor de 1,5 kW no existe un reductor con un índice de reducción entre la entrada y la salida de 75, por lo que se ha escogido un reductor con unas características similares al calculado de forma teórica, es decir, se ha escogido un reductor con un índice entre la entrada y la salida de 69.

Referencia	WR 110_69 P90 BN90LA4
Número de elementos	1
Precio	556,6 €

Tabla 29: Presupuesto reductor del agitador.

7.3.3. Conclusiones

Como se puede observar, las características del motor seleccionado son muy similares a las que se han calculado anteriormente.

También se puede observar que, el reductor que se ha seleccionado se aproxima mucho al que se ha calculado de forma teórica, aunque sus características, como la velocidad y el par a la salida no son exactamente iguales a los calculados, esto es debido a que un motor eléctrico asíncrono, como el que se ha seleccionado, está conectado a una tensión de corriente alterna, por lo que su velocidad no es exactamente 1500 revoluciones por minuto, ya que esta velocidad varía mucho, aunque se aproxima mucho a las 1500 revoluciones por minuto.

7.4. CINTA TRANSPORTADORA

7.4.1. Motor

Para el motor, se ha seleccionado un motor de 4 polos, ya que es uno de los motores más estandarizados en el mercado, el cual gira aproximadamente a una velocidad de 1500 revoluciones por minuto debido a su construcción.

En base a los cálculos, el motor de la cinta transportadora ha de ser de 0,75 kW. A continuación, se muestra una tabla con las características del motor:

Potencia	Par Motor	Rendimiento	cos ϕ	In (400 V)	PActiva	PReactiva
0,75 kW	5,1 N·m	75 %	0,78	1,85 A	1 kW	0,802 kVAR

Tabla 30: Características del motor de la cinta transportadora.

Referencia	M 2SA 4 230/400-50 IP54 CLF B5 W
Número de elementos	1
Precio	174,04 €

Tabla 31: Presupuesto motor de la cinta transportadora.

7.4.2. Reductor

Para el reductor, se ha seleccionado un reductor de tornillo sin fin – corona, ya que es un reductor muy extendido en el mercado y que presenta una buena calidad.

En base a los cálculos, el reductor debe ofrecer una salida de 63 revoluciones por minuto, con una relación entre la entrada y la salida de 24. A continuación de muestra una tabla con las características del reductor:

i	N Salida	Par Salida
24	58 r.p.m.	96 N·m

Tabla 32: Características del reductor de la cinta transportadora.

Referencia	W 63_24 P80 BN80B4
Número de elementos	1
Precio	179,08 €

Tabla 33: Presupuesto reductor la cinta transportadora.

7.4.3. Conclusiones

Como se puede observar, las características del motor seleccionado son muy similares a las que se han calculado anteriormente.

También se puede observar que, el reductor que se ha seleccionado se aproxima mucho al que se ha calculado de forma teórica, aunque sus características, como la velocidad y el par a la salida no son exactamente iguales a los calculados, esto es debido a que un motor eléctrico asíncrono, como el que se ha seleccionado, está conectado a

una tensión de corriente alterna, por lo que su velocidad no es exactamente 1500 revoluciones por minuto, ya que esta velocidad varía mucho, aunque se aproxima mucho a las 1500 revoluciones por minuto.

(«MOTORES BONFIGLIOLI», s. f.); («CATALOGO REDUCTORES», s. f.); («Selección Reductor», s. f.); («SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS», s. f.); (Admin Grupo Gaes, 2018; Motores electricos, 2018a, 2018b)

8. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CABLEADO

El cálculo de la sección de cableado se va a realizar en base a la corriente total de todo el sistema eléctrico. En primer lugar, se calcula la potencia activa total, la cual se calcula mediante la suma de la potencia activa de todos los motores.

$$Potencia Activa Total = \Sigma Potencia Activa = 1 kW + 1,537 kW + 1,867 kW + 1 kW$$

$$Potencia Activa Total = 5,404 kW \rightarrow 5404 W$$

En segundo lugar, se calcula la potencia reactiva total, la cual se calcula mediante la suma de la potencia reactiva de todos los motores.

$$Potencia Reactiva Total = \Sigma Potencia Reactiva$$

$$Potencia Reactiva Total = 0,802 kVAR + 1,153 kVAR + 1,547 kVAR + 0,802 kVAR$$

$$Potencia Reactiva Total = 4,304 kVAR \rightarrow 4304 VAR$$

En tercer lugar, se calcula la potencia aparente, la cual se calcula mediante la raíz cuadrada de la suma de la potencia activa total al cuadrado y la potencia reactiva total al cuadrado.

$$Potencia Aparente = \sqrt{(Potencia Activa Total)^2 + (Potencia Reactiva Total)^2}$$

$$Potencia Aparente = \sqrt{(5404 W)^2 + (4304 VAR)^2} = 6908,52 VA$$

En cuarto lugar, se calcula el factor de potencia, el cual se calcula mediante el cociente de la potencia activa total entre la potencia aparente.

$$\cos \varphi = \frac{Potencia Activa Total}{Potencia Aparente} = \frac{5404 W}{6908,52 VA} = 0,7822$$

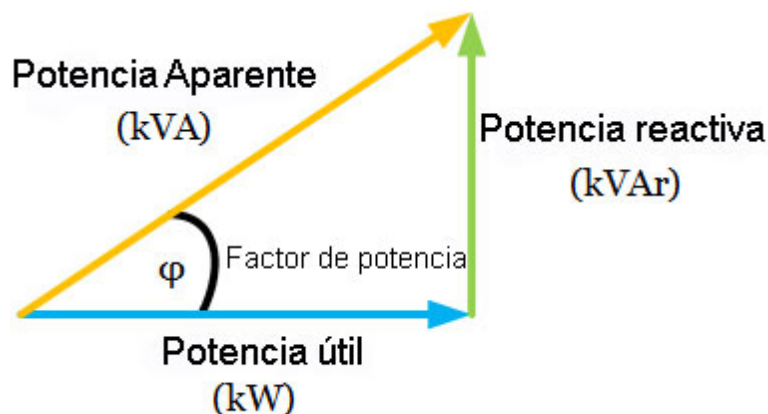


Ilustración 21: Triángulo de potencias.

En último lugar, se procede a calcular la corriente total del sistema, el cual se calcula mediante el cociente de la potencia aparente entre la tensión multiplicada por raíz de 3, al ser una línea de tensión trifásica.

$$I_T = \frac{\text{Potencia Aparente}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{6908,52 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 9,9716 \text{ A}$$

Según el Reglamento de Baja Tensión ITC-BT-47, apartado 3.2. El cual habla de la conexión de varios motores:

“Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.”

Por lo que la Intensidad Total será la suma de la intensidad máxima de cada motor, contando un 125% de intensidad a plena carga del motor o motores de mayor potencia:

$$I_T = 1,85 \text{ A} + 2,66 \text{ A} + 1,25 \cdot 3,5 \text{ A} + 1,85 \text{ A} = 10,735 \text{ A}$$

Según la norma corresponde asignar una intensidad de 8,545 A en lugar de la intensidad teórica de 8,2904 A.

Para la selección del cableado se aplica la normativa ITC-BT-19 del reglamento de baja tensión, la cual dice que, dependiendo del tipo de aislamiento que se desee para el cableado, es capaz de soportar una variedad de intensidades.

En este caso, se ha escogido un recubrimiento PVC para cableado trifásico a temperatura ambiente y el tipo de canalización se ha elegido el tipo B, el cual dice que: “Los conductores aislados se encuentran en tubos de montaje superficial o empotrados en la obra.”, ya que es el tipo de canalización que más se asemeja a la instalación del cuadro eléctrico.

Para las características mencionadas con anterioridad, se escoge el cableado de cobre para tres conductores con una sección de 2,5 mm², al cual le corresponde una corriente de 18,5 Amperios, la cual supera la corriente máxima calculada con anterioridad de 10,735 Amperios. Se escoge un cableado de sección 2,5 mm², el cual soporta más de un 60% de corriente total de carga por motivos de seguridad.

Hay que decir, que tanto la toma de tierra, como el neutro, al ser una red de corriente trifásica, según normativa, tendrán la misma sección que el cableado de las 3 fases, es decir, 2,5 mm².









A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos ² en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
B2		Cables multiconductores en tubos ² en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ³					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre ⁴ . Distancia a la pared no inferior a 0,3 D ⁵						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵						3x PVC			3x XLPE o EPR ¹			
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁵								3x PVC ¹		3x XLPE o EPR		
			mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	—	18	21	24	—
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	—	25	29	33	—
			4	20	21	23	24	27	30	—	34	38	45	—
			6	25	27	30	32	36	37	—	44	49	57	—
			10	34	37	40	44	50	52	—	60	68	76	—
			16	45	49	54	59	66	70	—	80	91	105	—
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
185				268	297	317	354	386	415	464	601			
240				315	350	374	419	455	490	552	711			
300				360	404	423	484	524	565	640	821			

Ilustración 22: Norma ITC-BT-19 reglamento baja tensión sobre cableado.

(«REGLAMENTO DE BAJA TENSIÓN», s. f.); (Admin Disseny Producte, 2018); (Admin Infootec, 2018)

9. SELECCIÓN DE LOS CILINDROS

Uno de los factores que diferencian a esta máquina con las de su competencia en el mercado, es la compuerta de cierre, muchas no llevan este sistema de cerrado de la boca de dosificado. Se ha considerado necesario la implementación de un sistema de cierre que se encargue de cerrar o abrir esta boca para un mejor control del flujo de material a dosificar.

El sistema que se ha planteado es el de un cono que se coloca en la parte inferior del tubo de dosificado, accionada mediante dos cilindros que hacen que este cono suba o baje, dependiendo de si la máquina se encuentra en proceso de dosificado o no.



Ilustración 23: Cono de cierre del dosificador.

Para la realización del movimiento se necesita una carrera muy corta, concretamente 80 milímetros, por lo que se van a seleccionar dos cilindros de doble efecto del fabricante Festo, concretamente el modelo ADN tipo básico.

El diámetro del émbolo será de 32 milímetros y tendrá una conexión neumática G 1/8.

El diámetro del vástago será de 10 milímetros.

La presión de trabajo será una presión de 6 bares, la cual equivale a 0,6 MPa.

Los cilindros, dispondrán de una amortiguación neumática y autorregulable tanto en el avance como en el retroceso.

Datos técnicos: tipo básico y variantes	
Diámetro del émbolo	32
Conexión neumática	
-	G1/8
S1	-
Vástago con rosca interior	
-	M8
K5	M6
S1	-
S1-K5	-
Vástago con rosca exterior	
-	M10x1,25
K5	M10; M12
S1	-
S1-K5	-
Q-K5	M10
Holgura de giro máxima del vástago [°]	
Q	1,2

Datos técnicos: tipo básico y variantes	
Diámetro del émbolo	32
Conexión neumática	
-	G1/8
S1	-
Vástago con rosca interior	
-	M8
K5	M6
S1	-
K5-S1	-
Vástago con rosca exterior	
-	M10x1,25
K5	M10; M12
S1	-
K5-S1	-
Holgura de giro máxima del vástago [°]	
Q	1,2

Ilustración 24: Datos técnicos de los cilindros neumáticos.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]	
Diámetro del émbolo	32
Fuerza teórica con 6 bar en avance	
-	483
S1	-
S2	415
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	
-	415
S1	-
S2	415
Energía máx. de impacto en las posiciones	
-	0,4
S1	-
S6	0,2
K10	0,32
S20	0,15

Ilustración 25: Fuerzas y energías de impacto de los cilindros.

En primer lugar, se va a calcular la fuerza realizada por los cilindros neumáticos:

$$F = P \cdot S$$

$$F = P \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Ecuación 40: Cálculo de la fuerza realizada por un cilindro.

Dónde:

F es la fuerza que realiza el cilindro en un ciclo, en Newtons.

P es la presión neumática a la cual trabaja el cilindro, en Pascales.

D es el diámetro del émbolo, en metros.

$$F_{1 \text{ cilindro}} = 0,6 \text{ MPa} \cdot \frac{\pi \cdot (0,032 \text{ m})^2}{4} = 482,548 \text{ N}$$

Esta fuerza será la que realice un cilindro en el avance, para saber la fuerza que realizan ambos cilindros, se multiplicará el resultado anterior por dos, ya que ambos cilindros son idénticos y, por lo tanto, realizarán la misma fuerza.

$$F_{2 \text{ cilindros}} = 2 \cdot 482,548 \text{ N} = 965,097 \text{ N}$$

Esta será la fuerza que realicen los dos cilindros accionados de manera simultánea.

En segundo lugar, se va a calcular el consumo de los cilindros neumáticos.

$$\text{Consumo} = P \cdot C \cdot (\text{Superficie}_{\text{Avance}} + \text{Superficie}_{\text{Retocesos}})$$

$$\text{Consumo} = P \cdot C \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} + \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \right)$$

Ecuación 41: Consumo de un cilindro neumático.

Dónde:

C es el consumo de aire del cilindro neumático en un ciclo de trabajo, en litros.

P es la presión de trabajo del cilindro neumático, en Bares.

C es la carrera del cilindro neumático, en decímetros.

D es el diámetro del émbolo, en decímetros.

d es el diámetro del vástago, en decímetros.

$$C_{1 \text{ cilindro}} = 6 \text{ Bar} \cdot 0,8 \text{ dm} \cdot \left(\frac{\pi \cdot (0,32 \text{ dm})^2}{4} + \left(\frac{\pi \cdot (0,32 \text{ dm})^2}{4} - \frac{\pi \cdot (0,1 \text{ dm})^2}{4} \right) \right) = 0,73437 \text{ l/ciclo}$$

El consumo calculado, se corresponde al consumo de un cilindro, para saber el consumo en litros de ambos cilindros, se multiplicará el resultado anterior por dos, ya que ambos cilindros son idénticos y, por lo tanto, realizarán el mismo consumo de aire.

$$C_{2 \text{ cilindros}} = 2 \cdot 0,73437 \frac{\text{l}}{\text{ciclo}} = 1,46875 \text{ l/ciclo}$$



Ilustración 26: Cilindro Festo ADN.

Referencia	ADN 32-80-A-PPS-A
Número de elementos	2
Precio	202,56 € - 101,28 € / Unidad

Tabla 34: Cilindro Festo ADN.

(Admin Roydisa, 2014; «Cilindros Festo», s. f.; «ELECTROVÁLVULAS», s. f.; FESTO, 2018; Wikipedia, 2017)

10. SELECCIÓN DE COMPONENTES

10.1. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para alimentar tanto el PLC como las entradas y salidas de este y a su vez la pantalla táctil que muestra el interfaz humano – máquina, se escoge una fuente de alimentación Siemens, capaz de transformar una tensión de 230 V en una tensión de 24 V y una corriente de 2,5 A, ya que todos elementos de control y mando de la máquina funcionan con esa tensión.



Ilustración 27: Fuente de alimentación SIEMENS.

Referencia	6EP1332-1SH43
Número de elementos	1
Precio	81,41 €

Tabla 35: Fuente de alimentación SIEMENS.

10.2. PLC

Para controlar todo el proceso que realiza la máquina de llenado, se escoge un autómatas SIEMENS S7, concretamente el modelo 1217C, ya que es un autómatas que ofrece entradas y salidas tanto analógicas como digitales de forma integrada, es decir, no es necesario comprar y acoplar más módulos de entradas y salidas, ya que con las que este ofrece son suficientes para el proceso que realizará la máquina de llenado de botes. También se ha escogido este autómatas ya que es de los más modernos del mercado y tiene una gran relación calidad/precio.

Se conecta a una tensión de 24 V.



Ilustración 28: PLC SIEMENS S7 1217C.

Referencia	6ES7217-1AG40-0XB0
Número de elementos	1
Precio	1120,23 €

Tabla 36: PLC SIEMENS S7 1217C.

10.3. INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA (HMI)

Para que el operario de la máquina pueda controlarla, se integra en el exterior del cuadro eléctrico una pantalla táctil en la que se podrá tanto escoger el material con el que se desea llenar los botes como escoger un modo manual o un modo automático de funcionamiento; Se ha escogido una pantalla táctil del fabricante SIEMENS, en concreto el modelo SIMATIC TP1200, la cual ofrece una gran relación calidad / precio.



Ilustración 29: Pantalla SIEMENS SIMATIC TP1200.

Referencia	GAG1 124-0MC01-4AX0
Número de elementos	1
Precio	2670,36 €

Tabla 37: Pantalla SIEMENS SIMATIC TP1200.

10.4. PULSADOR DE EMERGENCIA

Para que el operario pueda parar la máquina de forma instantánea en el caso de ocurrir una emergencia, se coloca en el exterior del cuadro eléctrico un pulsador de tipo Normalmente Cerrado con enclavamiento de color rojo, ya que por normativa tiene que tener estas características.

Se escoge un pulsador SIEMENS modelo SIRIUS.



Ilustración 30: Pulsador de Emergencia Sirius.

Referencia	SIRIUS 3SB3203-1HA20
Número de elementos	1
Precio	22,49 €

Tabla 38: Pulsador de Emergencia Sirius.

10.5. PULSADOR RESET

En caso de una parada de emergencia, el operario deberá pulsar un pulsador para que la máquina vuelva a hacer el proceso que estaba haciendo antes de que este se interrumpiera.

Se escoge un pulsador SIEMENS modelo SIRIUS.


Ilustración 31: Pulsador de rearme de la máquina Sirius.

Referencia	SIRIUS 3SB3000-1GA31
Número de elementos	1
Precio	10,78 €

Tabla 39: Pulsador de rearme de la máquina Sirius.

10.6. CONMUTADOR DE ARRANQUE

Para que el operario de la máquina pueda encender o apagar la máquina, se coloca en el exterior del cuadro eléctrico un conmutador, hay que decir que este elemento no corta el suministro de energía eléctrica, simplemente, enciende o apaga el proceso que realiza la máquina.

Se escoge un pulsador SIEMENS modelo SIRIUS.


Ilustración 32: Conmutador encendido / apagado Sirius.

Referencia	SIRIUS 3SB3000-2LA41
Número de elementos	1
Precio	10,14 €

Tabla 40: Conmutador encendido / apagado Sirius.

10.7. INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS

Los interruptores magnetotérmicos son dispositivos que protegen la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos.

El circuito eléctrico de la máquina de llenado dispone de dos tipos de interruptores magnetotérmicos, uno es el interruptor magnetotérmico general tetrapolar, el cual protege a toda la instalación, también se disponen de 4 disyuntores tripolares que protegen a cada motor individualmente y en último lugar, un disyuntor bipolar que protegerá la fuente de alimentación del PLC.

Para la selección de estos se sigue la siguiente condición, establecida por la norma UNE 20460, la cual dice:

$$I_{carga} (A) \leq I_{Normalizada} (A) \text{ del magnetotérmico} \leq I_{MáximaAdmisible} (A) \text{ del conductor}$$

10.7.1. Interruptor Magnetotérmico Automático General

Para el interruptor magnetotérmico general, la corriente de carga y la corriente máxima admisible del conductor, se escogen las calculadas y seleccionadas en el apartado cálculo de sección de cableado:

$$I_{carga} = 10,735 A$$

$$I_{MáximaAdmisible} (A) \text{ del conductor} = 18,5 A$$

Por lo tanto, se escoge un interruptor magnetotérmico tetrapolar general con una corriente normalizada de 16 A y una tensión de 400 V del fabricante Schneider Electric, ya que cumple la condición de la norma UNE 20460.



Ilustración 33: Interruptor Magnetotérmico Automático General Schneider Electric.

Referencia	A9C65416
Número de elementos	1
Precio	339,84 €

Tabla 41: Interruptor Magnetotérmico Automático General Schneider Electric.

10.1. INTERRUPTOR DIFERENCIAL GENERAL

Los interruptores diferenciales son unos dispositivos electromecánicos cuya función es proteger a las personas de los contactos directos e indirectos provocados por el contacto con partes activas de la instalación o con elementos sometidos a potencial debido, por ejemplo, a una derivación por falta de aislamiento de partes activas de la instalación.

Para la selección de este componente, se va a escoger un interruptor diferencial tetrapolar con una corriente nominal superior a la corriente nominal del interruptor magnetotérmico seleccionado en el apartado anterior.

Por lo que se ha seleccionado un interruptor diferencial tetrapolar de 25 Amperios de corriente nominal, con una sensibilidad de disparo de 300 mA del fabricante Schneider Electric.



Ilustración 34: Interruptor diferencial general Schneider Electric.

Referencia	A9R44425
Número de elementos	1
Precio	138,64 €

Tabla 42: Interruptor diferencial general Schneider Electric.

10.2. DISYUNTORES

10.2.1. *Disyuntor magnetotérmico motor sin fin alimentador*

Para el disyuntor magnetotérmico del motor sin fin alimentador, la corriente de carga y la corriente máxima admisible del conductor, se escogen las calculadas y seleccionadas en el apartado cálculo de motores y cálculo de sección de cableado:

$$I_{carga} = 1,85 A$$

$$I_{MáximaAdmisible} (A) del conductor = 18,5 A$$

Por lo tanto, se escoge un disyuntor magnetotérmico tripolar con una corriente normalizada de 6 A y una tensión de 400 V del fabricante Altech, ya que cumple la condición de la norma UNE 20460.



Ilustración 35: Disyuntor magnetotérmico motor sin fin alimentador Altech.

Referencia	3Z6UM
Número de elementos	1
Precio	177,10 €

Tabla 43: Disyuntor magnetotérmico motor sin fin alimentador Altech.

10.2.2. *Disyuntor magnetotérmico motor sin fin dosificador*

Para el disyuntor magnetotérmico del motor sin fin dosificador, la corriente de carga y la corriente máxima admisible del conductor, se escogen las calculadas y seleccionadas en el apartado cálculo de motores y cálculo de sección de cableado:

$$I_{Carga} = 2,66 A$$

$$I_{M\acute{a}ximaAdmisible} (A) del conductor = 18,5 A$$

Por lo tanto, se escoge un disyuntor magnetotérmico tripolar con una corriente normalizada de 6 A y una tensión de 400 V del fabricante Altech, ya que cumple la condición de la norma UNE 20460.



Ilustración 36: Disyuntor magnetotérmico sin fin dosificador Altech.

Referencia	3Z6UM
Número de elementos	1
Precio	177,10 €

Tabla 44: Disyuntor magnetotérmico motor sin fin dosificador Altech.

10.2.3. Disyuntor magnetotérmico motor agitador

Para el disyuntor magnetotérmico del motor agitador, la corriente de carga y la corriente máxima admisible del conductor, se escogen las calculadas y seleccionadas en el apartado cálculo de motores y cálculo de sección de cableado:

$$I_{carga} = 3,5 A$$

$$I_{M\acute{a}ximaAdmisible} (A) del conductor = 18,5 A$$

Por lo tanto, se escoge un disyuntor magnetotérmico tripolar con una corriente normalizada de 6 A y una tensión de 400 V del fabricante Altech, ya que cumple la condición de la norma UNE 20460.



Ilustración 37: Disyuntor magnetotérmico motor agitador Altech.

Referencia	3Z6UM
Número de elementos	1
Precio	177,10 €

Tabla 45: Disyuntor magnetotérmico motor agitador Altech.

10.2.4. Disyuntor magnetotérmico motor cinta transportadora

Para el disyuntor magnetotérmico del motor de la cinta transportadora, la corriente de carga y la corriente máxima admisible del conductor, se escogen las calculadas y seleccionadas en el apartado cálculo de motores y cálculo de sección de cableado:

$$I_{carga} = 1,85 A$$

$$I_{MáximaAdmisible} (A) del conductor = 18,5 A$$

Por lo tanto, se escoge un disyuntor magnetotérmico tripolar con una corriente normalizada de 6 A y una tensión de 400 V del fabricante Altech, ya que cumple la condición de la norma UNE 20460.



Ilustración 38: Disyuntor magnetotérmico motor cinta transportadora Altech.

Referencia	3Z6UM
Número de elementos	1
Precio	177,10 €

Tabla 46: Disyuntor magnetotérmico motor cinta transportadora Altech.

10.2.5. Disyuntor magnetotérmico fuente de alimentación

Para el disyuntor magnetotérmico del motor de la fuente de alimentación, la corriente máxima admisible del conductor, se escoge la calculada en el apartado cálculo de sección de cableado y la corriente de carga se selecciona la corriente a la que trabaja la fuente de alimentación en la entrada:

$$I_{Carga} = 1 A$$

$$I_{MáximaAdmisible} (A) \text{ del conductor} = 18,5 A$$

Por lo tanto, se escoge un disyuntor magnetotérmico bipolar con una corriente normalizada de 2 A y una tensión de 230 V del fabricante Altech, ya que cumple la condición de la norma UNE 20460.



Ilustración 39: Disyuntor magnetotérmico de la fuente de alimentación Altech.

Referencia	2Z2UM
Número de elementos	1
Precio	71,11 €

Tabla 47: Disyuntor magnetotérmico de la fuente de alimentación Altech.

10.3. INTERRUPTORES DE AISLAMIENTO

Junto a cada motor, se colocará un interruptor de aislamiento para una mayor seguridad en caso de emergencia o mantenimiento. Estos seccionadores serán trifásicos y de color rojo y amarillo.

Se seleccionan unos interruptores de aislamiento del fabricante Eaton.



Ilustración 40: Interruptor de aislamiento Eaton.

Referencia	P1-25/I2H/SVB
Número de elementos	4
Precio	209,64 € - 52,41 € / Unidad

Tabla 48: Interruptor de aislamiento Eaton.

10.4. CONTACTORES

Para los contactores, los cuales son capaces de accionar los motores cuándo el autómatas lo ordene, se van a seleccionar 4 contactores (Uno para cada motor) de 7 Amperios, del fabricante Siemens, modelo Sirius, con conexión +24 V / 0 V para una bobina que tiene incluida.



Ilustración 41: Contactor Sirius.

Referencia	3RT10151BB41
Número de elementos	4
Precio	190,68 € - 47,67 € / Unidad

Tabla 49: Contactores Sirius.

10.5. RELÉS AUXILIARES

Son relés que se encuentran entre la salida digital del autómatas y los contactores. Su función dar una señal digital recibida por el autómatas al relé integrado en el contactor. Se conectan a una tensión de 24 V.

Se escogen 6 relés auxiliares (2 para la electroválvula que acciona los cilindros del cono de dosificación y 4 para los 4 motores) del fabricante Omron.

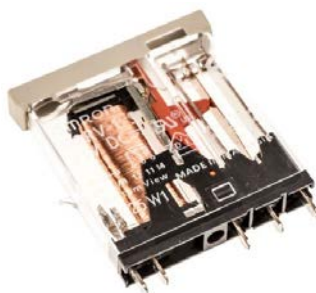


Ilustración 42: Relé Auxiliar Omron.

Referencia	G2RV-1-S DC21
Número de elementos	6
Precio	36,54 € - 6,09 € / Unidad

Tabla 50: Relés Auxiliares Omron.

10.6. VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia es un dispositivo que se encarga de controlar la velocidad de giro de un motor eléctrico mediante una señal analógica que manda el PLC.

Se escogen 2 variadores de frecuencia de la marca Mitsubishi modelo FR-D7, ya que es un variador capaz de trabajar en un rango de potencias muy amplio, desde 0,1 kW hasta 7,5 kW y una frecuencia de salida desde 0,2 Hz hasta 400 Hz.

Los dos variadores de frecuencia corresponderán al motor del tornillo sin fin dosificador (1,1 kW) y al motor de la cinta transportadora (0,75 kW).



Ilustración 43: Variador de frecuencia Mitsubishi D700 FR-D7.

Referencia	D700 FR-D7
Número de elementos	2
Precio	693 € - 346,5 € / Unidad

Tabla 51: Variadores de frecuencia Mitsubishi D700 FR-D7.

10.6.1. Configuración del variador de frecuencia Mitsubishi FR-D7

Se configuran los parámetros de fábrica mediante las siguientes instrucciones, si bien con el tiempo se observa algún desajuste de la aceleración o de la deceleración pueden ser corregidos:

1. Para acceder a todos los parámetros se pondrá el parámetro Pr 9999 a '0'.
2. Para seleccionar un par constante se modificará el parámetro Pr 14 a '0'.
3. Para la rampa de aceleración, se configura el parámetro Pr 7 a '3'. Si se desea que el motor acelere de 0 hasta la velocidad consignada en 3 segundos.
4. Para la rampa de deceleración, se configura el parámetro Pr 8 a '3'. Si se desea que el motor acelere de la velocidad consignada hasta 0 en 3 segundos.

- Se selecciona el rango de entrada de la tensión de consigna que, en este caso, será de 0 Voltios a 10 Voltios. Esto se obtiene configurando el parámetro Pr 73 a '1'.

10.7. ELECTROVÁLVULA

Una electroválvula es un mecanismo capaz de controlar el paso de un fluido por una tubería mediante un impulso eléctrico. En este caso, gobernará dos cilindros que harán el movimiento de subir y bajar el cono que está situado en la boca del dosificador (Abrir o cerrar la boca).

Para este elemento, se ha seleccionado una electroválvula del fabricante Festo, modelo VUVS P53E.

Se trata de una electroválvula 5/3, lo que quiere decir que tiene 5 vías y 3 posiciones.

Proporciona un caudal de 600 litros/minuto con una conexión G1/8, caudal suficiente para gobernar los dos cilindros que accionan el cono dosificador.

En la posición principal no hay canalización de aire, por lo tanto, los cilindros estarán bloqueados y no se moverán.

En la posición de la izquierda, los cilindros se retraen, por lo tanto, el cono del dosificador se abre, permitiendo salir el material de la tolva.

En la posición de la derecha, los cilindros se extienden, por lo tanto, el cono del dosificador se cierra, impidiendo que salga el material de la tolva.

La tensión con la que trabajan las bobinas de esta electroválvula será de 24 V.



Ilustración 44: Electroválvula Festo VUVS P53E.

Referencia	575252
Número de elementos	1
Precio	98,82 €

Tabla 52: Electroválvula Festo VUVS P53E.

10.8. SENSOR DE POSICIÓN DEL BOTE / SACO

Para detectar la presencia de un bote o de un saco en la boca de dosificado de material, se utiliza un sensor de posición capacitivo, el cual es capaz de detectar presencia de todo tipo de materiales, por lo que será capaz de detectar la presencia tanto de un saco, como de un bote de plástico.

Se ha escogido un sensor capacitivo de 25 milímetros de diámetro de la marca Tempatron, el cual se alimentará con una tensión de 24 V.



Ilustración 45: Sensor Capacitivo Tempatron.

Referencia	PXW-2-24
Número de elementos	1
Precio	180,57 €

Tabla 53: Sensor Capacitivo Tempatron.

10.9. SENSOR DE NIVEL DE LA TOLVA

Para que el PLC pueda cuanta cantidad de material hay dentro de la tolva y pueda ordenar accionar el motor alimentador de la tolva, se va a utilizar un sensor de nivel del fabricante Siemens, modelo Sitrans LVS200, el cual, mediante vibración, genera una señal digital, la cual llega al autómeta indicando que el nivel de material en la tolva está bajo. Requiere una calibración para que cuando la tolva tenga un nivel inferior al

deseado ordene al autómatas encender el motor del sin fin alimentador, y cuando sobrepase un límite, que este se apague.



Ilustración 46: Sensor de nivel de la tolva Siemens Sitrans LVS200.

Referencia	A5E34982418
Número de elementos	1
Precio	279,65 €

Tabla 54: Sensor de nivel de la tolva Siemens Sitrans LVS200.

10.10. SENSOR DE POSICIÓN DE LOS CILINDROS

Para que el PLC pueda conocer la posición de los cilindros (extendido o recogido), se emplean unos sensores inductivos, los cuales detectan una banda metálica que tiene integrada el émbolo de los cilindros, se van a utilizar cuatro sensores inductivos, dos para cada cilindro, de la marca Festo, modelo SMT.



Ilustración 47: Sensor inductivo de posición de un cilindro Festo.

Referencia	SMT-8M-A-PS-24V-E-5,0-OE
Número de elementos	2
Precio	44,46 € - 42,23 € / Unidad

Tabla 55: Sensor inductivo de posición de un cilindro Festo.

(Admin Pntic, 2018; «Detectores de posición», s. f.; «ELECTROVÁLVULAS», s. f.; «Fuente de alimentación», s. f.; «HMI Multi Panel 270», s. f.; «HMI SIEMENS», s. f.; Nexinstrument, 2018; Nicontrols, 2018; OSD Schenck, 2018a, 2018b; RS Online, 2018; S. RS Online, 2018, s. f.; T. RS Online, 2018; «Sensor capacitivo», s. f.; «Sensor de Posición», s. f.; «SENSORES DE NIVEL», s. f.; Sercomac, 2018; «SIMATIC S71200R.pdf», s. f.; Tienda Electricidad, 2018b, 2018a; Wikipedia, 2018b)

11. PLANOS ELÉCTRICOS

Los esquemas eléctricos se han realizado mediante el software CADdy++ y han sido diseñados en base a los accionadores y componentes seleccionados anteriormente.

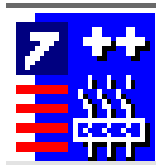
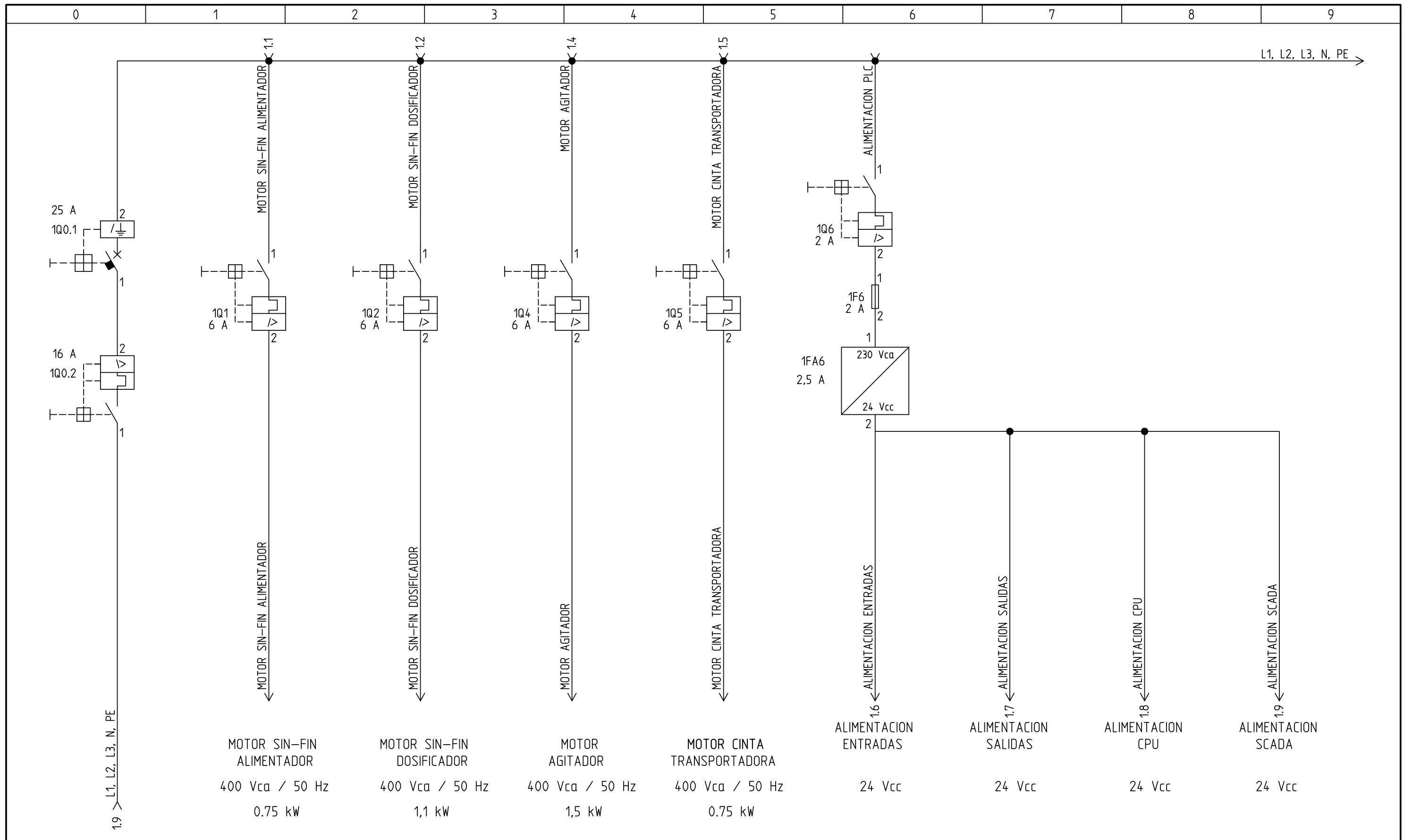


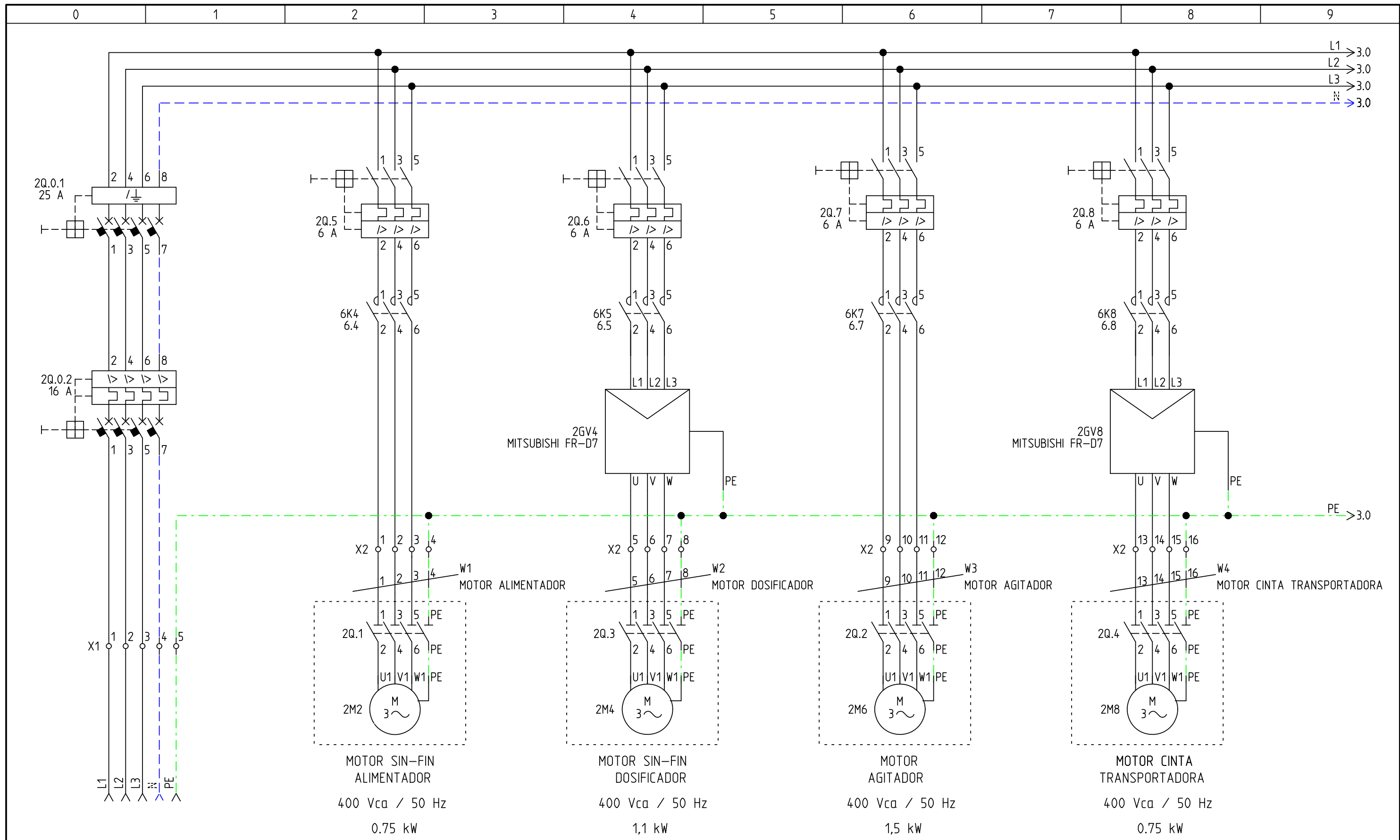
Ilustración 48: Logo CADdy++ Electrical.

Los esquemas eléctricos que se han diseñado son los siguientes:

- Esquema unifilar.
- Esquema de fuerza.
- Esquema de conexión PLC – HMI.
- Esquema de entradas digitales del PLC.
- Esquema de salidas digitales del PLC.
- Esquema de salidas analógicas del PLC.
- Esquema Neumático.



OBSERVACIONES GENERALES	OBSERVACIONES DE PAGINA		FECHA	NOMBRE	 eupla ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA La Almunia de Doña Godina (ZARAGOZA)	
		DIBUJADO	06/03/2018	Javier Ortiz		
		COMPROBADO		EUPLA		
		IDEM.S.NORM		UNE/DIN/ISO		
		HOJA	1	Maquina Industrial de Llenado		N Plano :424.18.59.001
		DE	8	ESQUEMA UNIFILAR		N Original :424.18.59
				Esquema 1		Nom Ficher.: Planos TFG J Ortiz



OBSERVACIONES GENERALES

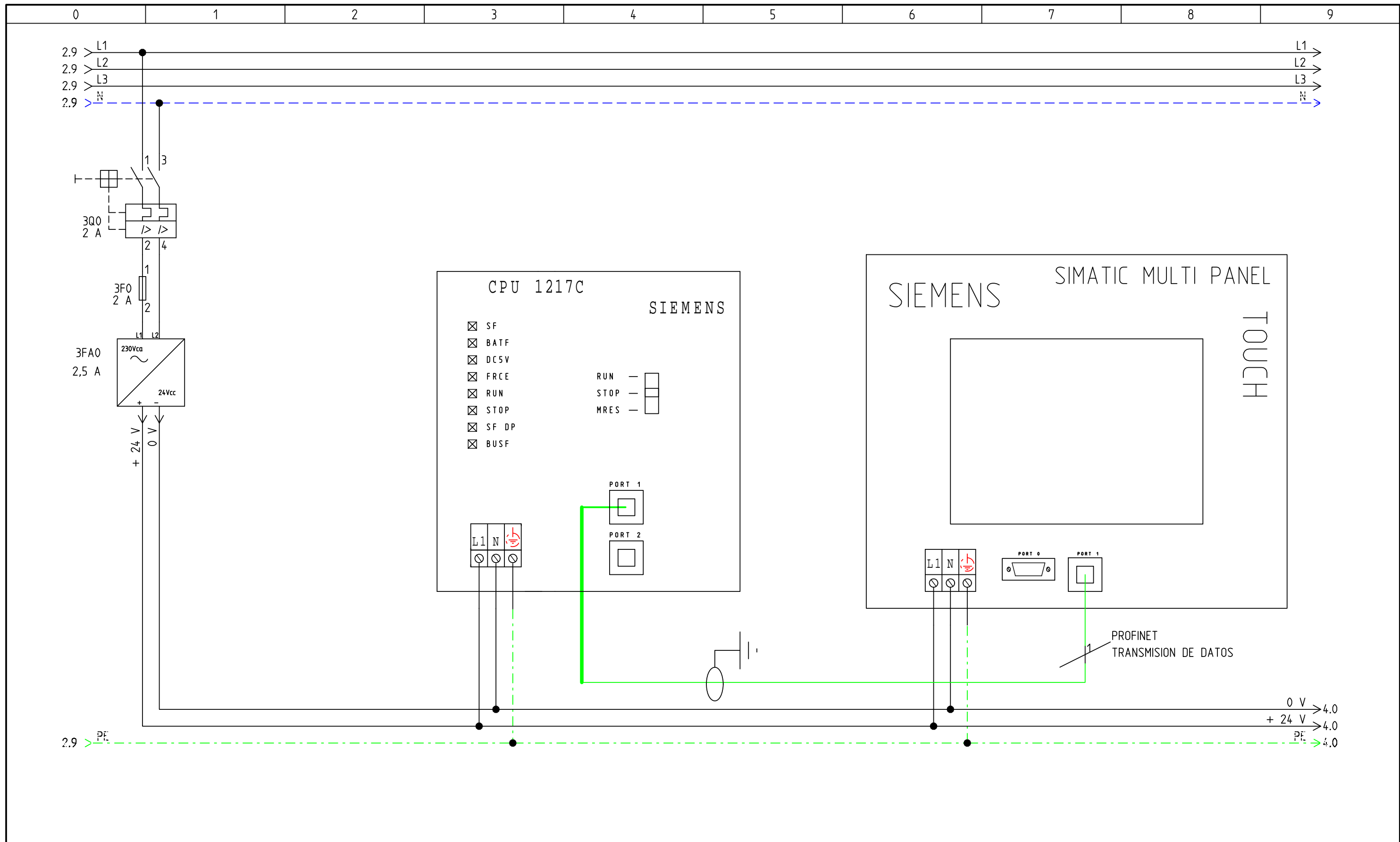
OBSERVACIONES DE PAGINA


	FECHA	NOMBRE
DIBUJADO	15/03/2018	Javier Ortiz
COMPROBADO		EUPLA
IDEM.S.NORM		UNE/DIN/ISO
HOJA	2	Maquina Industrial de Llenado
DE	8	

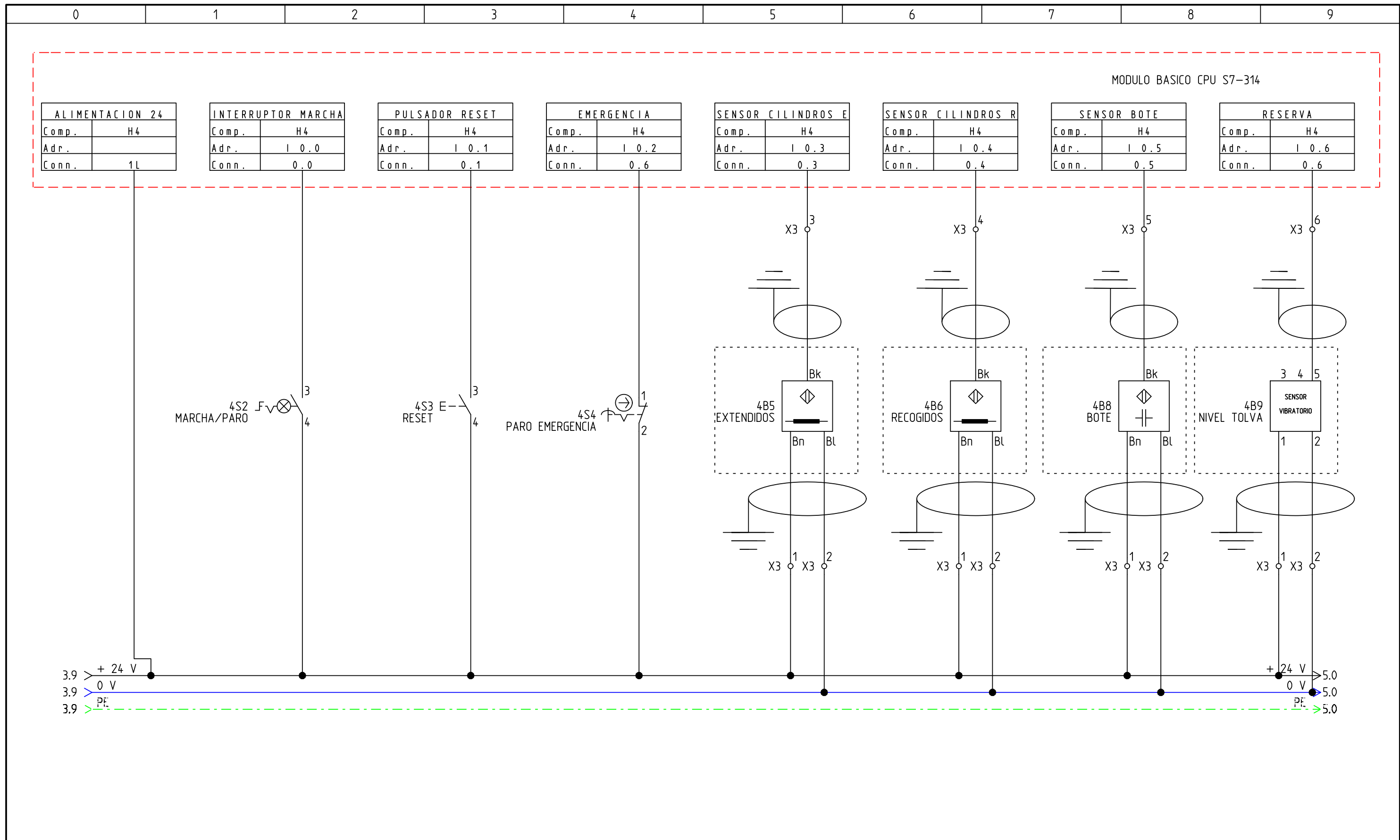
ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA
La Almunia de Doña Godina (ZARAGOZA)

N Plano :424.18.59.002
N Original :424.18.59
Nom Ficher.: Planos TFG J Ortiz

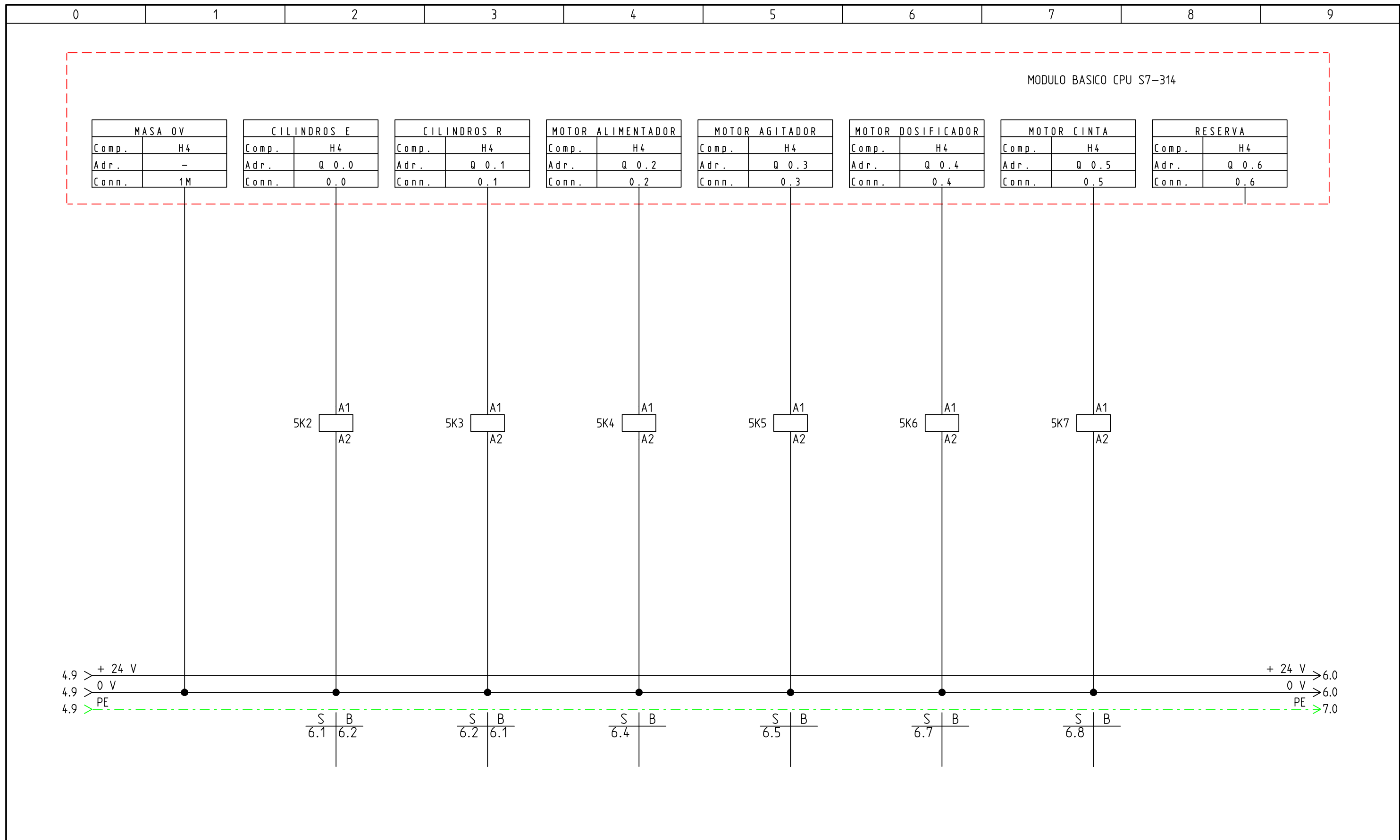
Maquina Industrial de Llenado
ESQUEMA DE FUERZA
Esquema 1



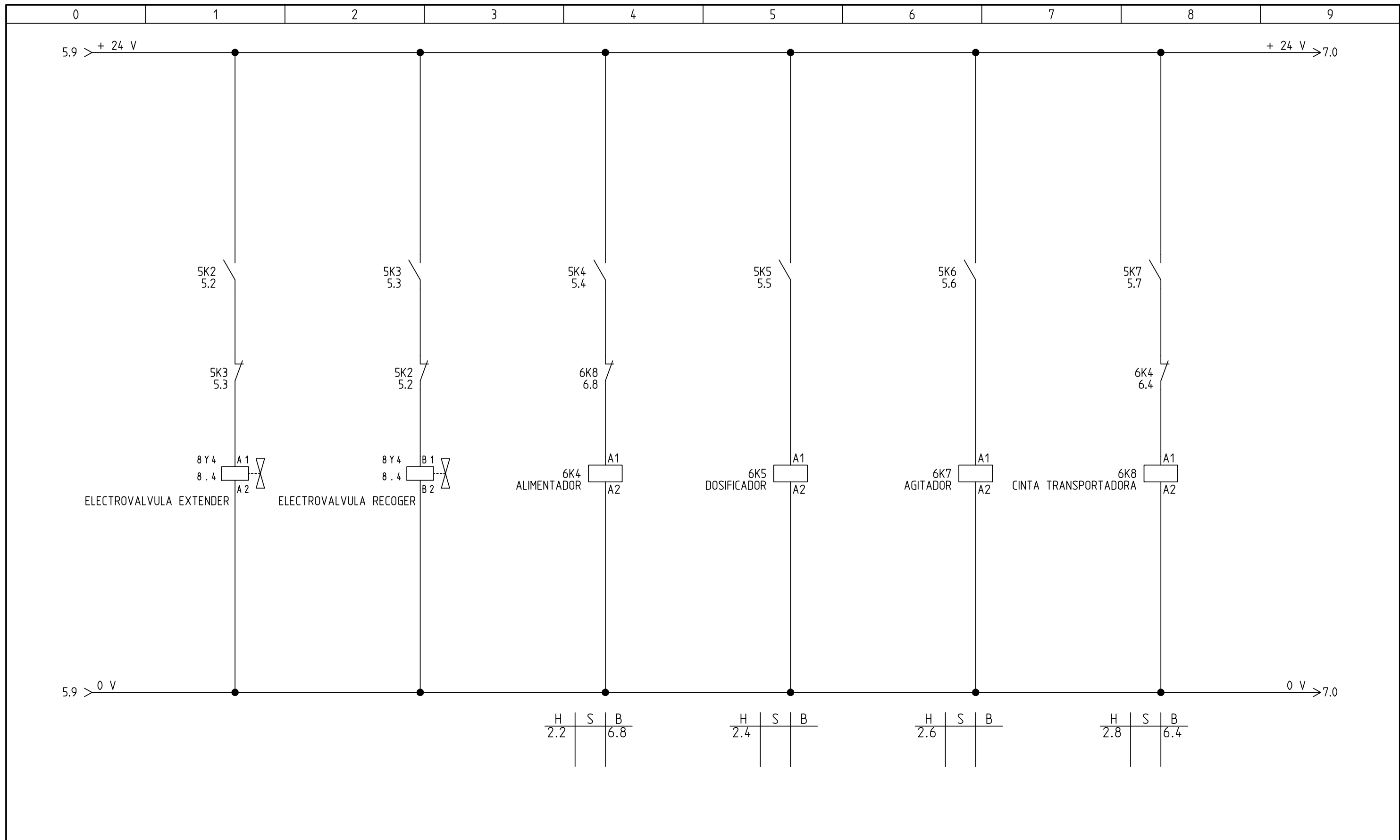
OBSERVACIONES GENERALES	OBSERVACIONES DE PAGINA	FECHA	NOMBRE	 eupla ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA La Almunia de Doña Godina (ZARAGOZA)	
		DIBUJADO	21/03/2018	Javier Ortiz	
		COMPROBADO		EUPLA	
		IDEM.S.NORM		UNE/DIN/ISO	
		HOJA	3	Maquina Industrial de Llenado CONEXION PLC - HMI Esquema 1	
		DE	8		
				N Plano	:424.18.59.003
				N Original	:424.18.59
				Nom Ficher.:	Planos TFG J Ortiz




OBSERVACIONES GENERALES	OBSERVACIONES DE PAGINA		FECHA	NOMBRE	 eupla ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA La Almunia de Doña Godina (ZARAGOZA)
		DIBUJADO	08/04/2018	Javier Ortiz	
		COMPROBADO		EUPLA	
		IDEM.S.NORM		UNE/DIN/ISO	
		HOJA	4	Maquina Industrial de Llenado	
		DE	8	ENTRADAS DIGITALES	
				Esquema 1	
				N Plano	:424.18.59.004
				N Original	:424.18.59
				Nom Ficher.:	Planos TFG J Ortiz



OBSERVACIONES GENERALES	OBSERVACIONES DE PAGINA		FECHA	NOMBRE	 eupla <small>ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA</small> <small>La Almunia de Doña Godina (ZARAGOZA)</small>
		DIBUJADO	08/04/2018	Javier Ortiz	
		COMPROBADO		EUPLA	
		IDEM.S.NORM		UNE/DIN/ISO	
		HOJA 5	Maquina Industrial de Llenado		N Plano :424.18.59.005
		DE 8	SALIDAS DIGITALES		N Original :424.18.59
			Esquema 1		Nom Ficher.: Planos TFG J Ortiz



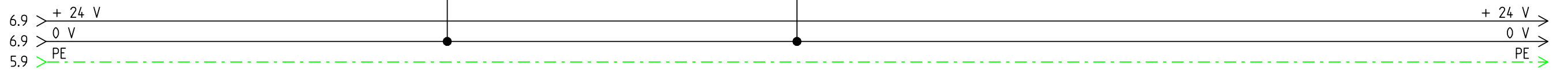
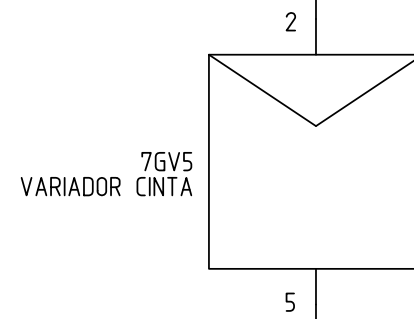
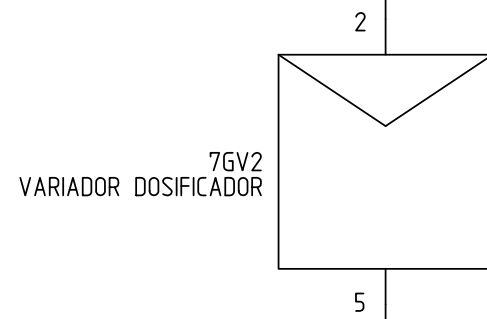
OBSERVACIONES GENERALES	OBSERVACIONES DE PAGINA	DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	 eupla ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA La Almunia de Doña Godina (ZARAGOZA)
		COMPROBADO	30/04/2018	Javier Ortiz	
		IDEM.S.NORM		EUPLA	
				UNE/DIN/ISO	
		HOJA 6	Maquina Industrial de Llenado SALIDAS DIGITALES Esquema 2		N Plano :424.18.59.006
		DE 8			N Original :424.18.59
					Nom Ficher.: Planos TFG J Ortiz

MODULO BASICO CPU S7-314

VARIADOR DOSIFICA	
Comp.	H4
Adr.	QW 64
Conn.	0.0

VARIADOR CINTA	
Comp.	H4
Adr.	QW 66
Conn.	0.1

RESERVA	
Comp.	H4
Adr.	QW 68
Conn.	0.2



OBSERVACIONES GENERALES

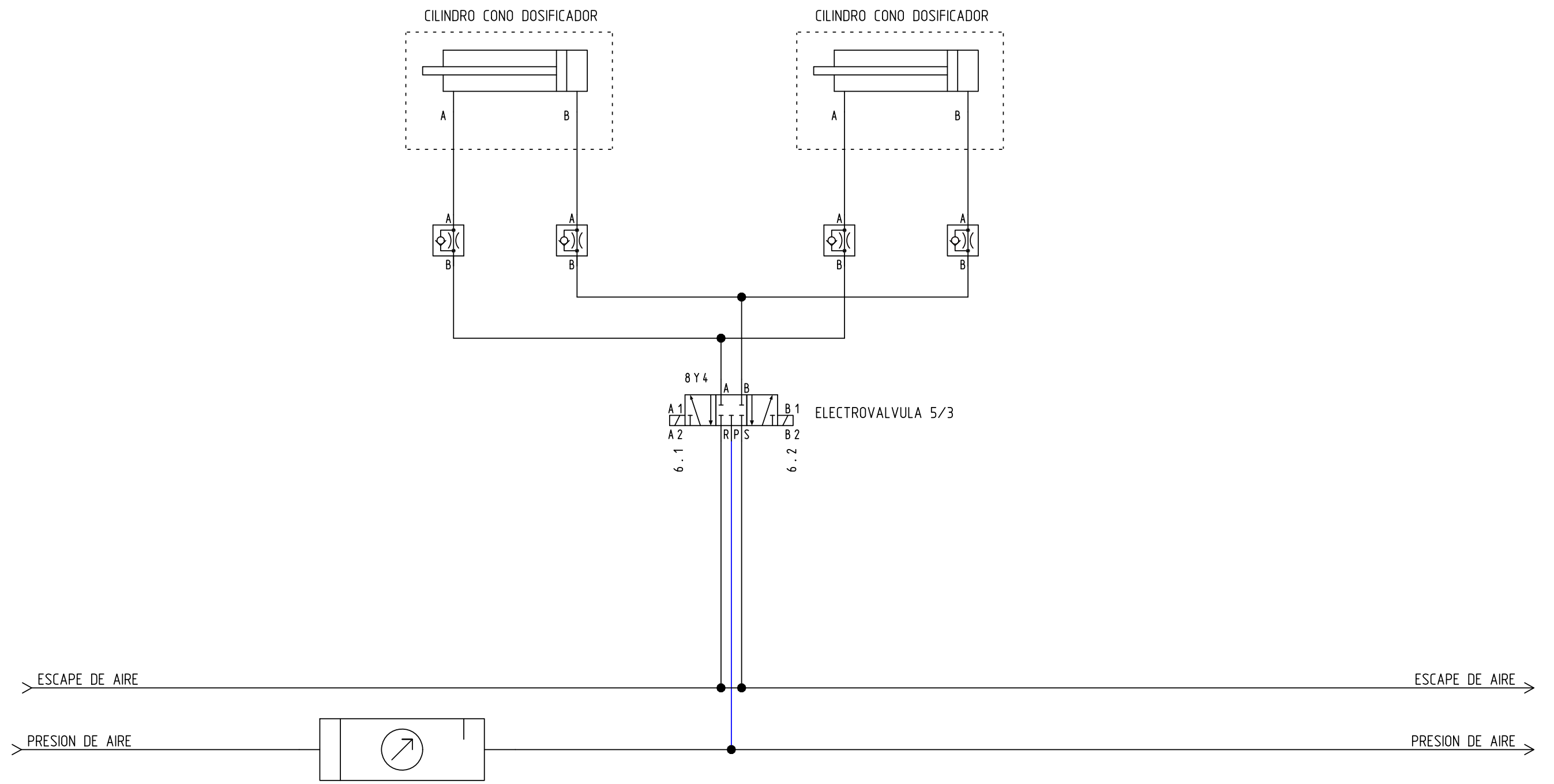
OBSERVACIONES DE PAGINA


	FECHA	NOMBRE
DIBUJADO	14/04/2018	Javier Ortiz
COMPROBADO		EUPLA
IDEM.S.NORM		UNE/DIN/ISO



HOJA	7	Maquina Industrial de Llenado SALIDAS ANALOGICAS Esquema 1
DE	8	

N Plano :424.18.59.007
N Original :424.18.59
Nom Ficher.: Planos TFG J Ortiz



OBSERVACIONES GENERALES	OBSERVACIONES DE PAGINA	FECHA	NOMBRE	 eupla ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA La Almunia de Doña Godina (ZARAGOZA)
		DIBUJADO	10/04/2018	
		COMPROBADO		EUPLA
		IDEM.S.NORM		UNE/DIN/ISO
		HOJA	8	Maquina Industrial de Llenado ESQUEMAS NEUMATICOS Esquema 1
		DE	8	
				N Plano :424.18.59.008
				N Original :424.18.59
				Nom Ficher.: Planos TFG J Ortiz

12. AUTOMATIZACIÓN

La parte de la automatización de la máquina industrial de llenado se divide en dos partes. La primera parte es la programación del PLC, el cual va a ser el encargado de recibir informaciones de los sensores y detectores y de dar órdenes a los actuadores, tanto motores eléctricos como cilindros neumáticos. La segunda parte es el diseño de un interfaz humano – máquina (HMI), en la cual el operario podrá controlar la máquina fácilmente.

Tanto la programación del autómatas, como el diseño de la interfaz se realizará mediante el software TIA PORTAL V13 de Siemens.

Para la programación del autómatas se empleará un lenguaje de contactos, denominado KOP en el software de Siemens.



Ilustración 49: Logotipo TIA PORTAL V13.

12.1. PROGRAMACIÓN PLC

Para organizar el programa y definir las tareas, se elaboran tres diagramas de flujo, los cuales ayudan a la programación del autómatas.

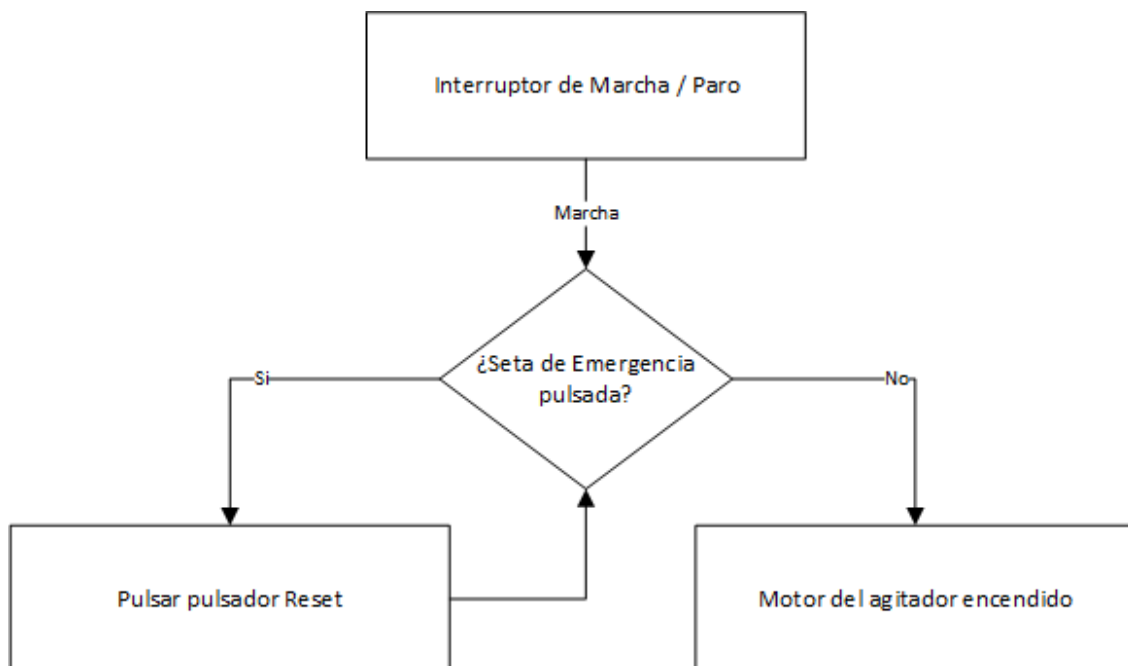


Ilustración 50: Diagrama de flujo del agitado de la tolva.

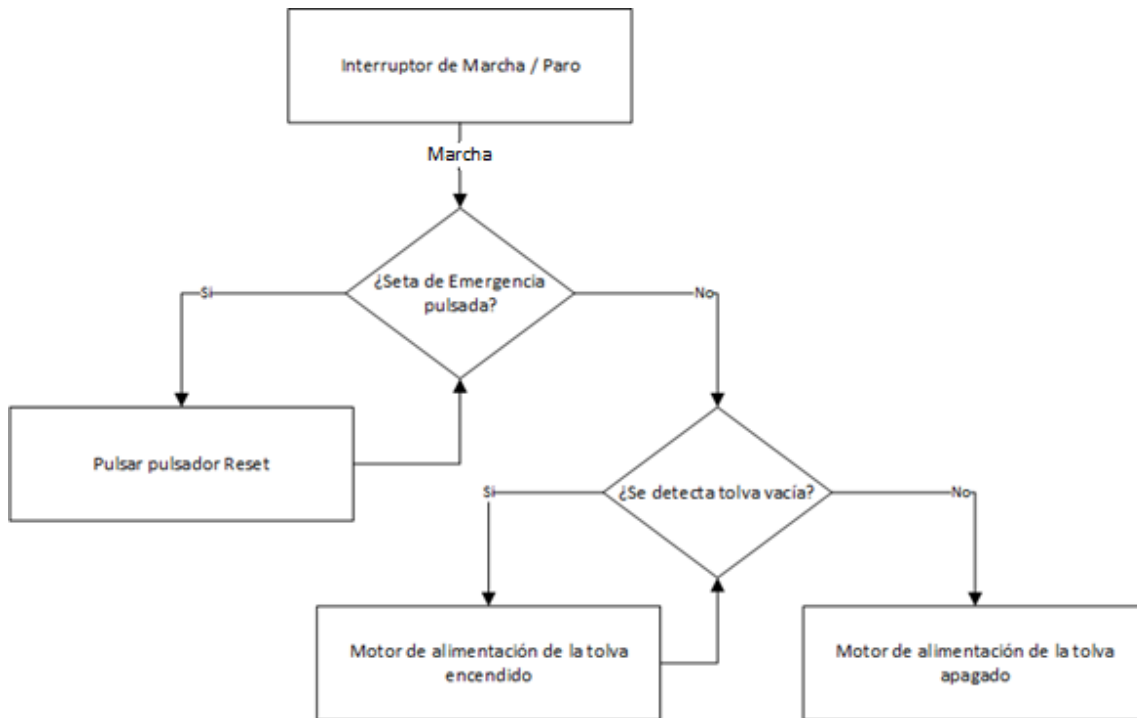


Ilustración 51: Diagrama de flujo del llenado de la tolva.

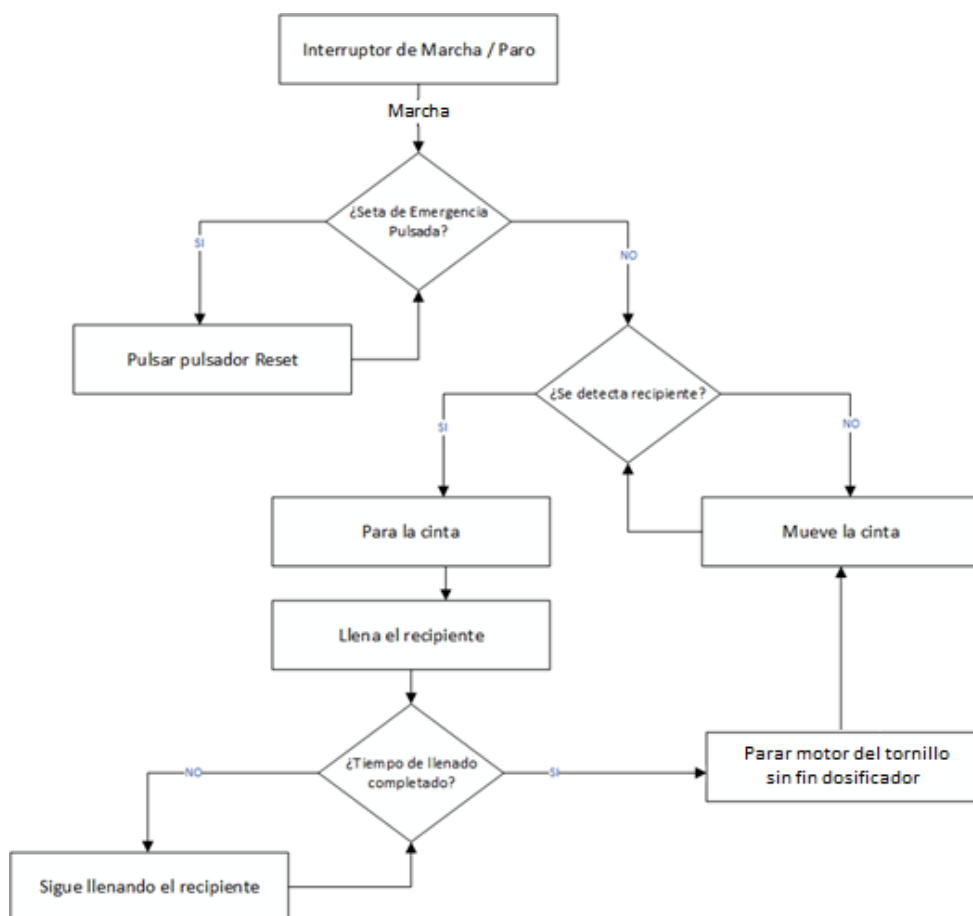


Ilustración 52: Diagrama de flujo del llenado de recipiente.

Hay que decir, que el autómata lee el programa de arriba abajo siguiendo el Ciclo de Scan.

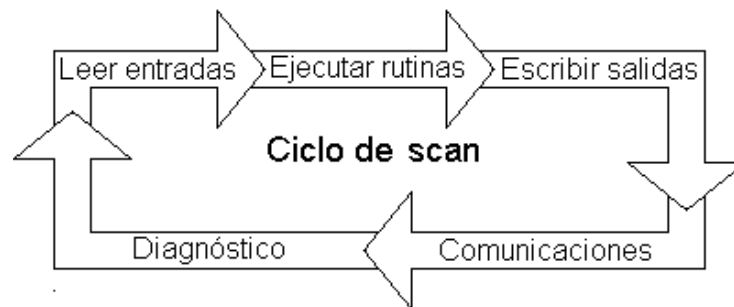


Ilustración 53: Ciclo de Scan.

La parte de programación dispone de 4 bloques, los cuales son:

12.1.1. Bloque General (OB1)

El primer bloque dispone de varios segmentos, los cuales son:

- Primer Segmento (Marcha de la máquina): En este segmento, se encuentra el interruptor de marcha / paro de la máquina, seguido del pulsador de reset de esta. Estas entradas activan la máquina.



Ilustración 54: Primer segmento del bloque general del programa del PLC.

- Segundo Segmento (Parada de Emergencia): En este segmento se encuentra el paro de emergencia, el cual, en caso de emergencia, desactiva completamente la máquina.

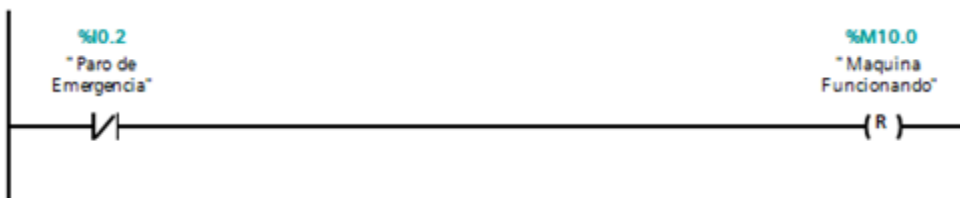


Ilustración 55: Segundo segmento del bloque general del programa del PLC.

- Tercer Segmento (Modo Manual): En este segmento, se hace una llamada al bloque del modo manual. Antes de que se inicie este modo, la máquina tiene que estar en funcionamiento y el operario deberá de seleccionar el modo manual en el panel táctil del Interface Humano – Máquina. Cuando el operario

ha seleccionado este modo, se cierra el contacto del modo que ha pulsado y el autómatas procede a leer este bloque.



Ilustración 56: Tercer segmento del bloque general del programa del PLC.

- Cuarto Segmento (Modo Automático): En este segmento, se hace una llamada al bloque de cálculos y al bloque del modo automático. Antes de que se inicie este modo, la máquina tiene que estar en funcionamiento y el operario deberá de seleccionar el modo automático en el panel táctil del Interface Humano – Máquina. Cuando el operario ha seleccionado este modo, se cierra el contacto del modo que ha pulsado y el autómatas procede a leer este bloque.

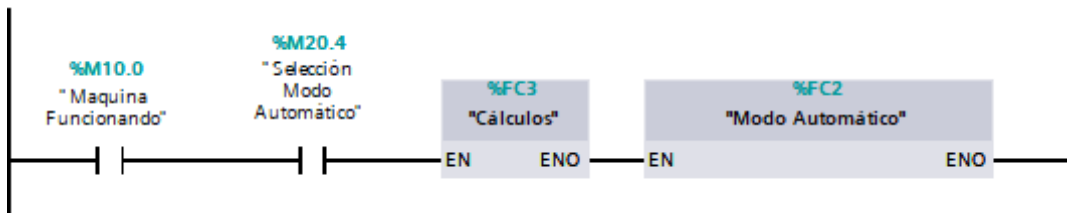


Ilustración 57: Cuarto segmento del bloque general del programa del PLC.

12.1.2. Bloque Modo Manual (FC1)

El segundo bloque es el bloque que controla el modo manual de la máquina dispone de varios segmentos, los cuales son:

- Primer Segmento (Modo manual del motor del tornillo sin fin alimentador): En este segmento, en el Interface Humano – Máquina, se encuentra un interruptor, con el cual, se activa o desactiva el motor del tornillo sin fin alimentador de la tolva.



Ilustración 58: Primer segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.

- Segundo Segmento (Modo manual del motor del tornillo sin fin dosificador):
En este segmento, en la pantalla del modo manual de la Interfaz Humano Máquina se encuentra un interruptor, con el cual se activa o se desactiva el motor del tornillo sin fin dosificador y una consigna de velocidad, en la cual, se introduce el valor de esta, la cual está comprendida entre 0 y 1500 revoluciones por minuto, ya que es la velocidad máxima a la cual gira el motor, esta velocidad, se convierte en una señal analógica comprendida entre 0 Voltios y 10 Voltios para que el variador pueda variar la velocidad de dicho motor.

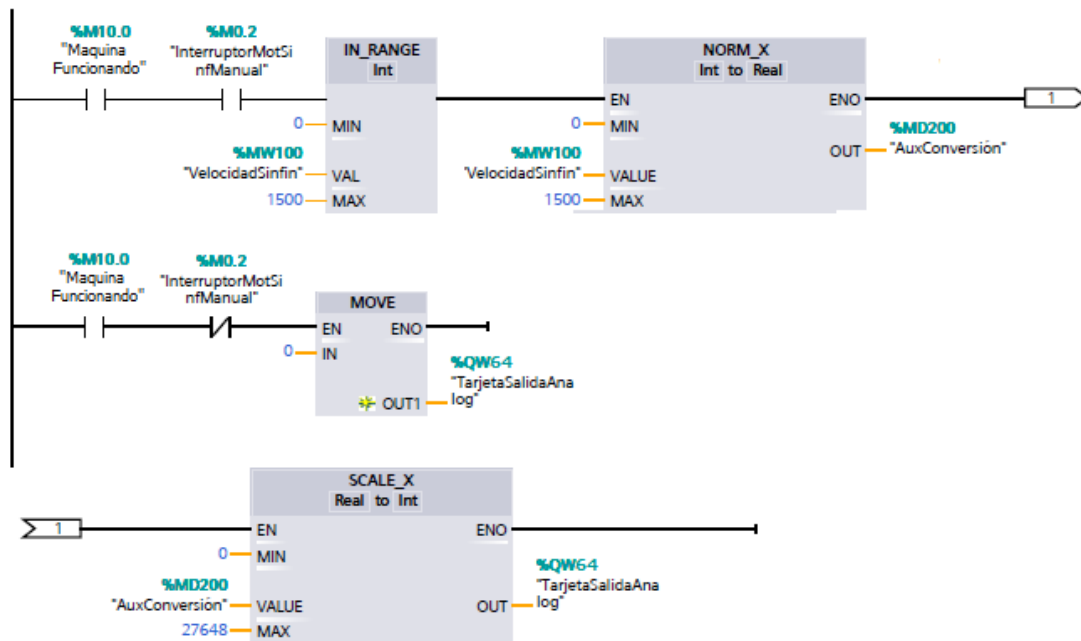


Ilustración 59: Segundo segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.

- Tercer Segmento (Modo manual del motor del agitador): Este segmento, pertenece al motor del agitador y como en el caso del motor del tornillo sin fin alimentador, en el Interface Humano – Máquina, se encuentra un interruptor, con el cual, se activa o desactiva el motor del tornillo sin fin alimentador de la tolva.



Ilustración 60: Tercer segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.

- Cuarto Segmento (Modo manual del motor de la cinta transportadora): En este segmento, como en el caso del motor sin fin dosificador, en la pantalla del modo manual de la Interfaz Humano Máquina se encuentra un interruptor, con el cual se activa o se desactiva el motor del tornillo sin fin dosificador y una consigna de velocidad, en la cual, se introduce el valor de esta, la cual está comprendida entre 0 y 1500 revoluciones por minuto, ya que es la velocidad máxima a la cual gira el motor, esta velocidad, se convierte en una señal analógica comprendida entre 0 Voltios y 10 Voltios para que el variador pueda variar la velocidad de dicho motor.

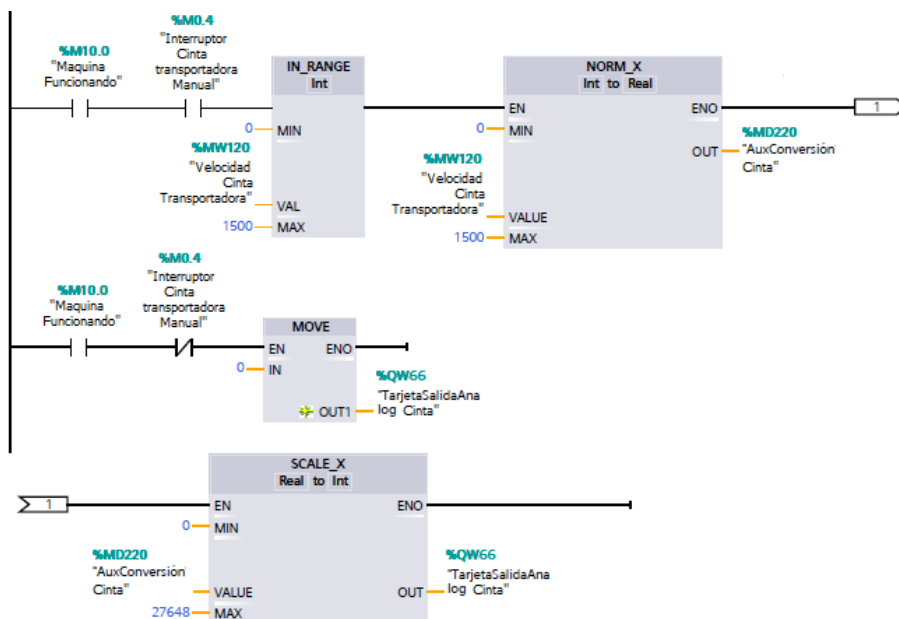


Ilustración 61: Cuarto segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.

- Quinto Segmento (Modo manual de los cilindros de la compuerta): Este segmento, pertenece al cono de cierre de la boca de llenado. En la Interfaz Humano – Máquina, se dispone de dos botones, el primero, el botón de abrir la compuerta, manda una señal al PLC que activa la electroválvula haciendo que el cilindro se retraiga por completo hasta llegar al detector de posición de compuerta abierta. El segundo botón, el botón de cerrar la compuerta, manda una señal al PLC que activa la electroválvula haciendo que el cilindro se extienda por completo hasta llegar al detector de posición de compuerta cerrada.

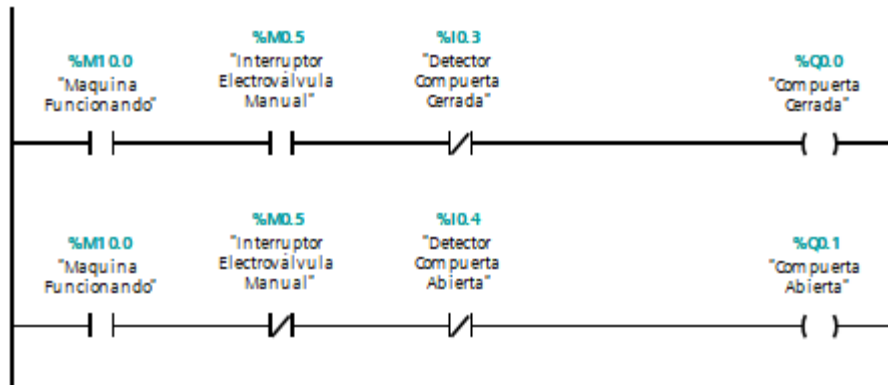


Ilustración 62: Quinto segmento del bloque del modo manual del programa del PLC.

12.1.3. Bloque Modo Automático (FC2)

El tercer bloque es el que controla el modo automático de la máquina, cuando este es activado en la pantalla del Interfaz Humano - Máquina (HMI), el programa lee dos bloques, el primero, el bloque de cálculos, el cual, lo que hace es interpretar los parámetros introducidos por el operario, y el segundo bloque hace la secuencia de movimientos para llenar recipientes con los parámetros que el operario ha escogido y se han realizado en el bloque de cálculos.

El bloque del modo automático contiene varios segmentos, los cuales son:

- Primer Segmento (Modo automático del motor del agitador): Este segmento lo único que hace es que, si la máquina se encuentra en funcionamiento y se encuentra en modo automático, gire el motor agitador, el cual siempre que la máquina esté encendida, estará en funcionamiento.

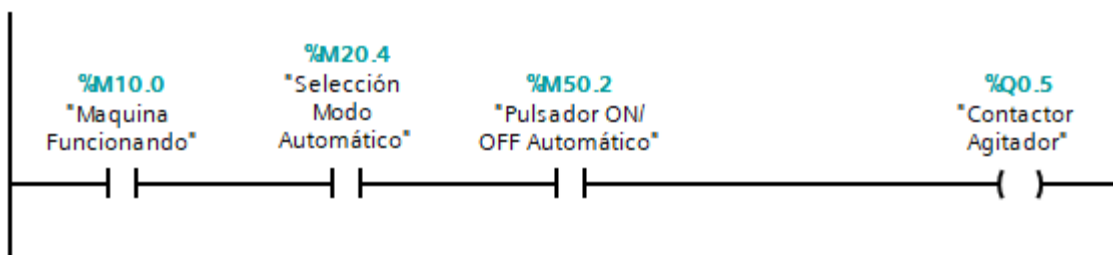


Ilustración 63: Primer segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.

- Segundo Segmento (Modo automático del motor del dosificador): Mediante el uso de temporizadores, por una parte, se ordena al tornillo sin fin dosificador el tiempo que tiene que estar girando a la velocidad calculada y por otra, el tiempo que debe estar parado mientras se prepara el recipiente para ser llenado.

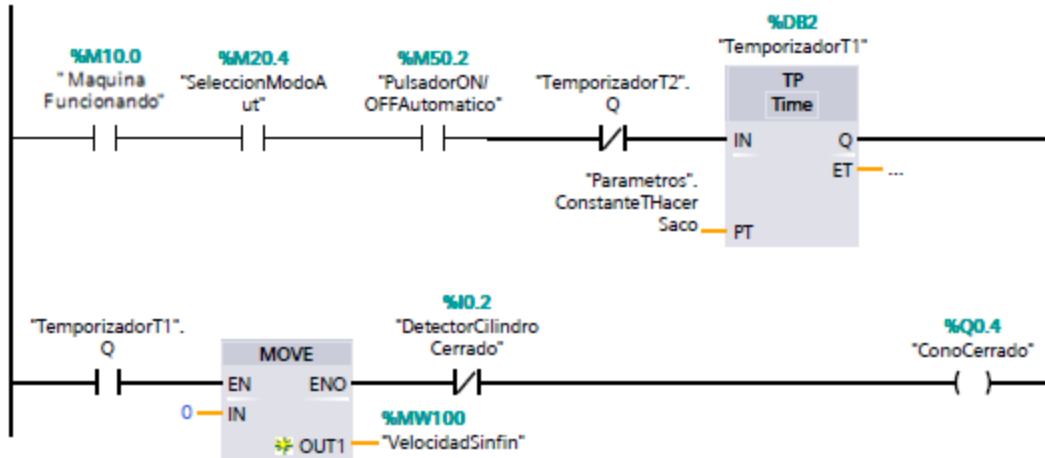


Ilustración 64: Segundo segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.

- Tercer Segmento (Modo automático del motor del dosificador): De la misma forma que en segmento anterior, pero ahora el cono de cierre se encontrará cerrado cuando el recipiente se está preparando, y cuando tiene que dosificar, se encontrará abierto.

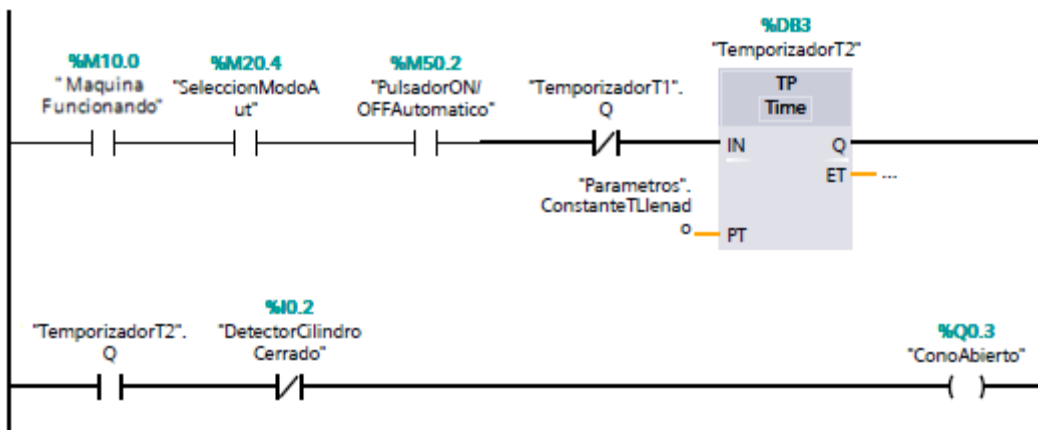


Ilustración 65: Tercer segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.

- Cuarto Segmento (Modo automático del motor de la cinta transportadora): En este modo, cuándo el PLC detecta bote y todavía no ha dosificado el motor dosificador, la cinta se detiene, dejando el bote debajo de la boca de dosificado preparándose para ser llenado. Una vez que ha pasado el tiempo de preparación y el tiempo de llenado, la cinta vuelve a moverse, dejando el paso de un recipiente vacío. En caso de que no haya detectado recipiente, la cinta seguirá moviéndose.

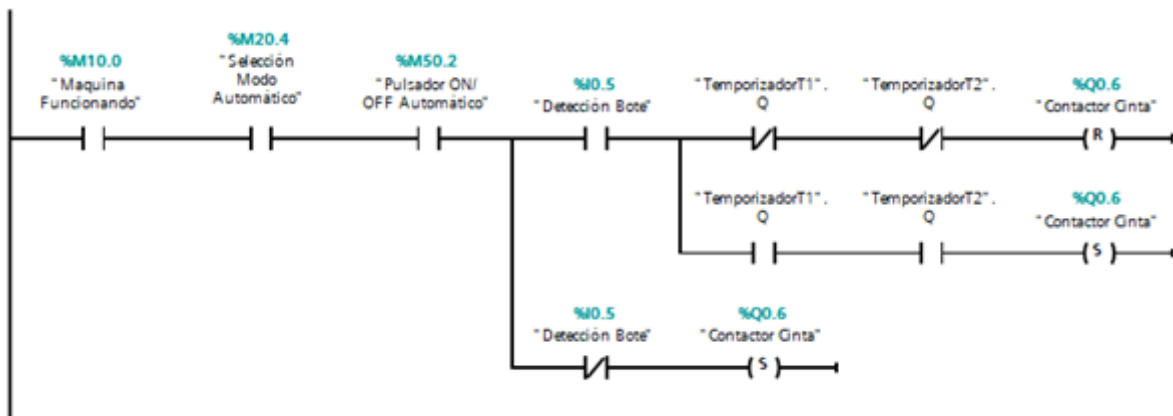


Ilustración 66: Cuarto segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.

- Quinto Segmento (Modo automático del motor del sin fin alimentador): Cuando el sensor de nivel detecta un nivel de material por debajo del nivel deseado, se activa el motor alimentador durante un tiempo determinado, llenando así la tolva de material, una vez que haya pasado ese tiempo, el motor alimentador de la tolva se desactiva, impidiendo que entre más material en la tolva.

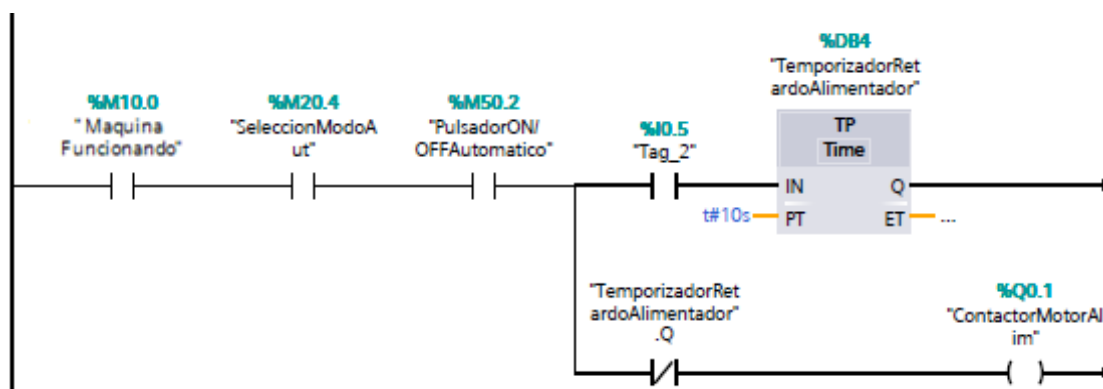


Ilustración 67: Quinto segmento del bloque del modo automático del programa del PLC.

12.1.4. Bloque de cálculos (FC3)

- Primer Segmento (Cálculo del tiempo para llenar el recipiente y paso a litros el volumen del recipiente): En este segmento, hay dos bloques de fórmulas, en el primero, el programa hace una operación matemática para saber qué tiempo dispone la máquina para llenar un saco, este dato se calcula a partir de los parámetros introducidos por el usuario en la pantalla de Parámetros, los cuales son:
 - o Recipientes por minuto
 - o Tiempo que le cuesta a la máquina llenar un recipiente.

En el segundo bloque, se calcula el volumen de material que admite un recipiente.

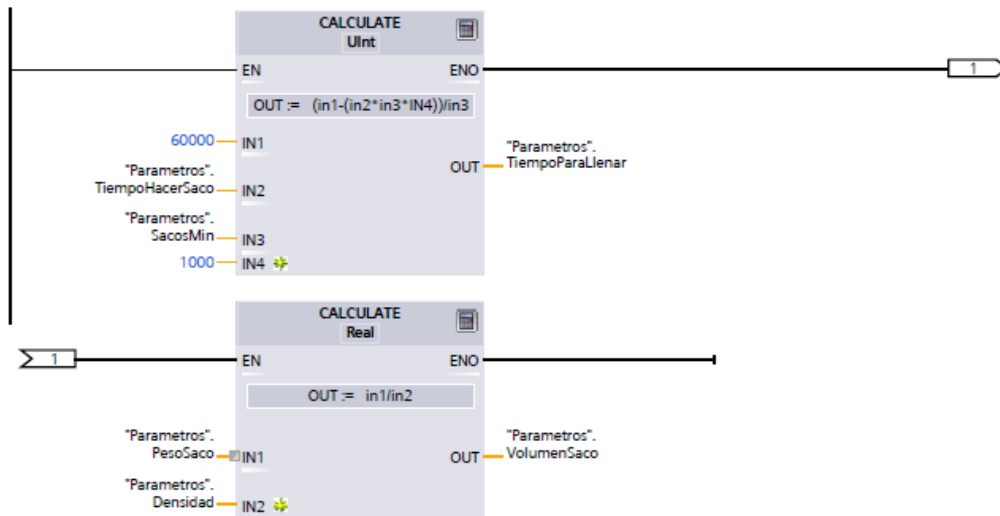


Ilustración 68: Primer segmento del bloque de cálculos del programa del PLC.

- Segundo Segmento (Cálculo de vueltas y de la velocidad del sin fin para llenar el volumen calculado en el apartado anterior): En este segmento, se calcula la velocidad del tornillo sin fin, ya que las vueltas necesarias para el llenado del recipiente se han calculado en el segmento anterior (Primer Segmento).

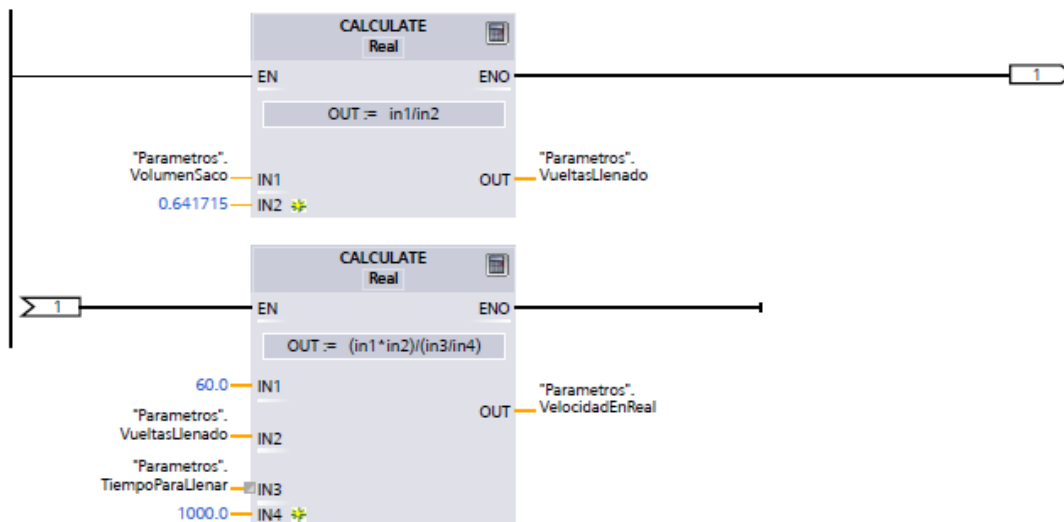


Ilustración 69: Segundo segmento del bloque de cálculos del programa del PLC.

- Tercer Segmento (Redondear la velocidad a un número entero): En este segmento convierte de la velocidad calculada en el apartado anterior en un número entero.

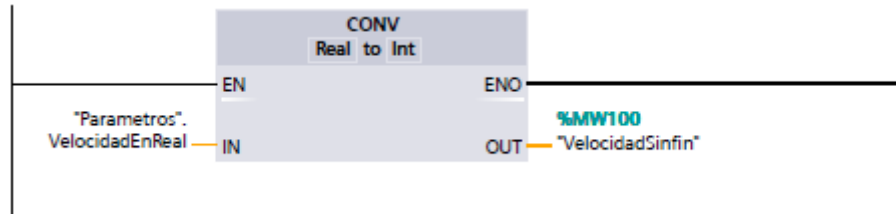


Ilustración 70: Tercer segmento del bloque de cálculos del programa del PLC.

- Cuarto Segmento (Conversión los datos de tiempo en constantes para la lectura de los temporizadores): Al igual que en el modo manual, una vez que se conoce la velocidad, se convierte a una señal analógica de 0 Voltios a 10 Voltios, para transferirla al variador de frecuencia, el cual será capaz de variar la velocidad del motor entre 0 revoluciones por minuto y 1500 revoluciones por minuto.

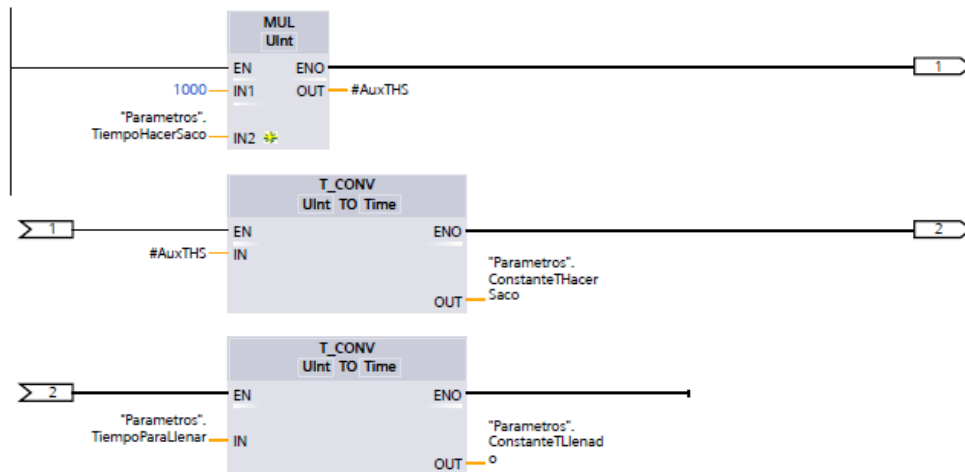


Ilustración 71: Cuarto segmento del bloque de cálculos del programa del PLC.

Hay que decir, que no se calculará la velocidad de movimiento de la cinta transportadora mediante PLC, ya que, en el modo automático, la velocidad de esta se controlará de forma programada mediante variables en el panel del variador del motor de la cinta transportadora, aunque en el modo manual se controlará mediante la introducción del parámetro de la velocidad en el Interfaz Humano – Máquina en la pantalla del modo manual.

12.2. DISEÑO INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA

Para organizar el diseño del Interfaz Humano – Máquina y definir las pantallas, se elabora un diagrama de flujo, el cual ayuda al diseño de este.

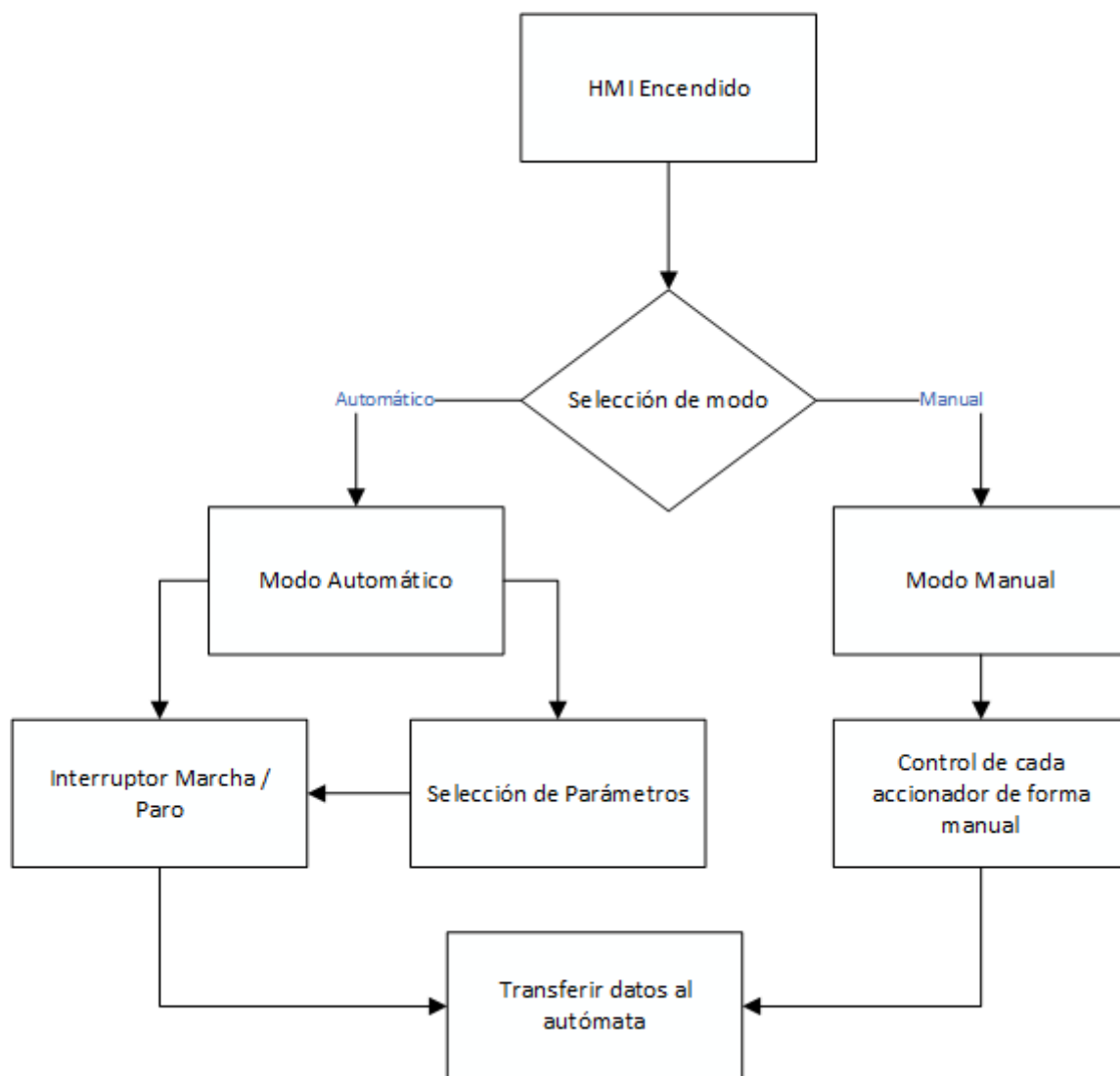


Ilustración 72: Diagrama de flujo del Interfaz Humano – Máquina.

En la Interfaz Humano – Máquina se disponen de 4 pantallas, las cuales son:

- Selección de Modo: En esta pantalla, se puede escoger el modo de funcionamiento de la máquina:
 - o Modo Manual.
 - o Modo Automático.

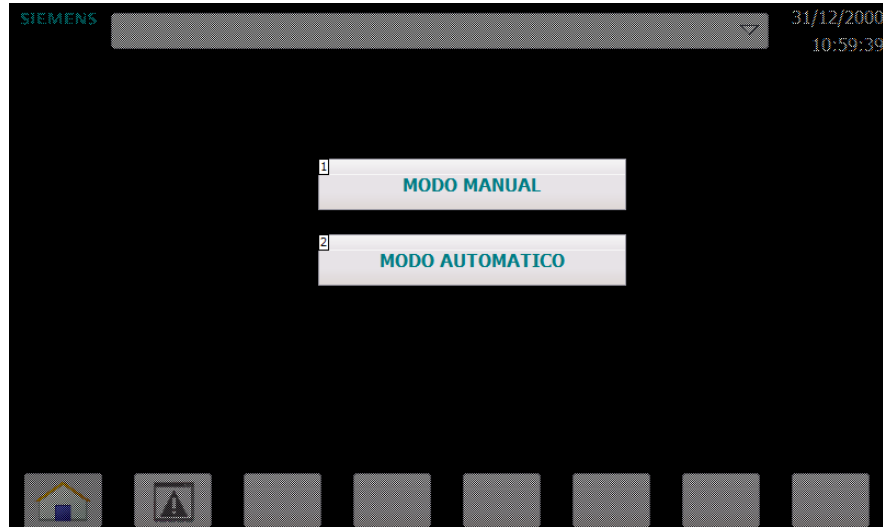


Ilustración 73: Pantalla de selección de modo Manual / Automático a través del Interfaz Humano - Máquina (HMI).

- Modo Manual: En esta pantalla, se puede controlar de forma independiente cada actuador de la máquina, tanto los motores eléctricos como los cilindros neumáticos.

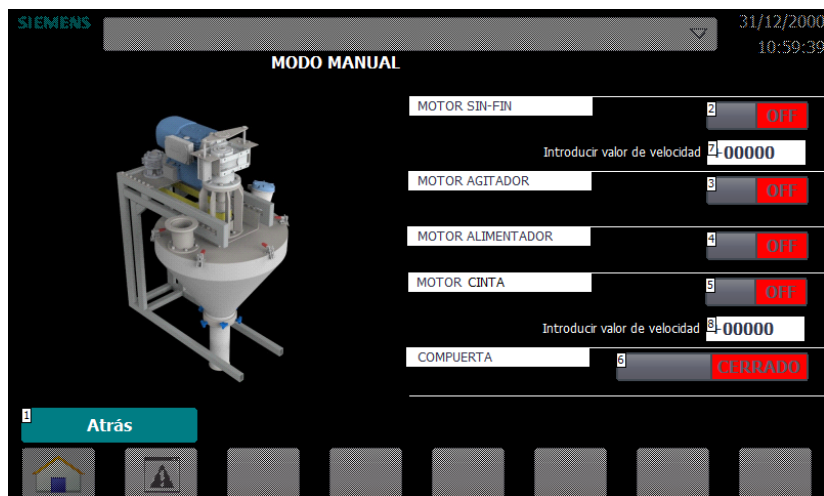


Ilustración 74: Pantalla de modo manual a través del Interfaz Humano - Máquina (HMI).

- Modo Automático: En esta pantalla se encuentra un interruptor con el que se pone en marcha el funcionamiento en modo automático. También dispone de un acceso a la ventana de parámetros.

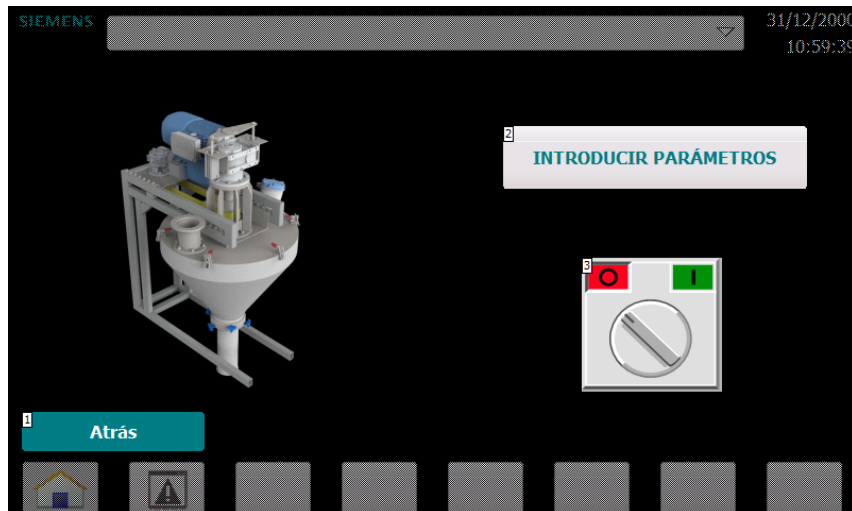


Ilustración 75: Pantalla de modo automático a través del Interfaz Humano – Máquina.

- Parámetros: A esta pantalla se accede mediante el modo automático, en dicha pantalla se pueden cambiar los parámetros del material que se va a utilizar en el proceso de llenado. Los parámetros son los siguientes:
 - o Nombre del material.
 - o Densidad del material.
 - o Peso admitido por el recipiente.
 - o Recipientes llenados por minuto.
 - o Tiempo en preparar un recipiente.

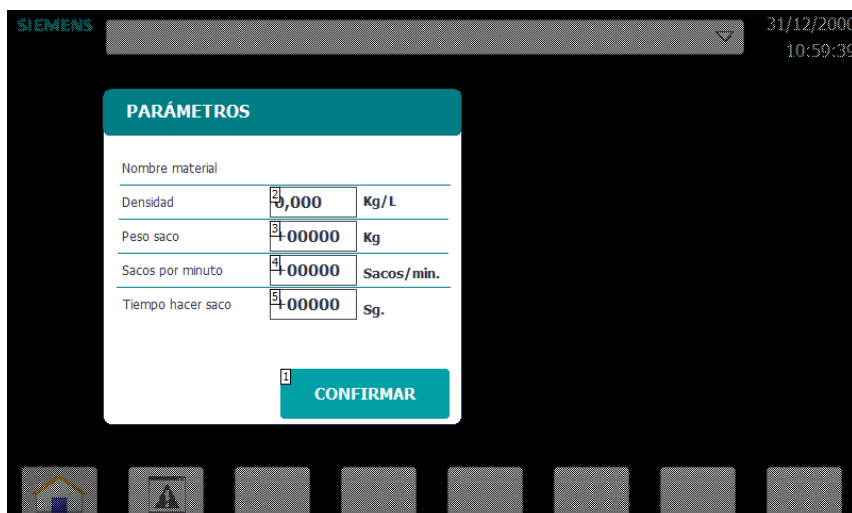


Ilustración 76: Pantalla de selección de parámetros para el modo automático a través del Interfaz Humano - Máquina (HMI).

13. PRESUPUESTO

13.1. PRESUPUESTO CUADRO ELÉCTRICO

N.º	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Referencia	Importe
1	IGA 16 A	339,84 €	1	A9C65416	339,84 €
2	Diferencial 25 A	138,64 €	1	A9R44425	138,64 €
3	Disyuntor 6 A	177,10 €	4	3Z6UM	708,4 €
5	Disyuntor 2 A	71,11 €	1	2Z2UM	71,11 €
6	Contactador 7 A	47,67 €	4	3RT10151BB41	190,68 €
7	Relé Auxiliar	6,09 €	6	G2RV-1-S DC21	36,54 €
8	Variador Mitsubishi	346,5 €	2	D700 FR-D7	693,00 €
9	Electroválvula Festo	98,82 €	1	575252	98,82 €
10	Fuente de Alimentación	81,41 €	1	6EP1332-1SH43	81,41 €
11	PLC SIEMENS	1120,23 €	1	6ES7217-1AG40-0XB0	1120,23 €
12	HMI Táctil	2670,36 €	1	GAG1 124-OMC01-4AX0	2670,36 €
13	Seta de emergencia	22,49 €	1	3SB3203-1HA20	22,49 €
14	Pulsador Reset	10,78 €	1	3SB3000-1GA31	10,78 €
15	Conmutador	10,14 €	1	3SB3000-2LA41	10,14 €
				Total	6192,44 €

Tabla 56: Presupuesto Cuadro Eléctrico.

13.2. PRESUPUESTO INSTALACIÓN DE CAMPO

N.º	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Referencia	Importe
1	Motor 0,75 kW	174,04 €	2	M 2SA 4 230/400-50 IP54 CLF B5 W	348,08 €
2	Motor 1,1 kW	206,30 €	1	M 2SA 4 230/400-50 IP54 CLF B5 W	206,30 €
3	Motor 1,5 kW	408,59 €	1	M 3SA 4 230/400-50 IP54 CLF B5 W	408,59 €
4	Reductor i = 10	77,44 €	1	VF 30_10 P63 BN63A4	77,44 €
5	Reductor i = 20	116,16 €	1	W 75_20 P80 BN80B4	116,16 €
6	Reductor i = 24	179,08 €	1	W 63_24 P80 BN80B4	179,08 €
7	Reductor i = 69	556,6 €	1	WR 110_69 P90 BN90LA4	556,6 €
8	Interruptor de aislamiento	52,41 €	4	P1-25/I2H/SVB	209,64 €
9	Sensor capacitivo	179,65 €	1	PXW-2-24	180,57 €
10	Sensor de nivel	279,65 €	1	A5E34982418	279,65 €
11	Cilindro doble efecto	101,28 €	2	ADN 32-80-A-PPS-A	202,56 €
12	Sensor inductivo	42,23 €	2	SMT-8M-A-PS-24V-E-5,0-OE	84,36 €
				Total	2849,03 €

Tabla 57: Presupuesto instalación de campo.

13.3. PRESUPUESTO CABLEADO

N.º	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Referencia	Importe
1	Bus Profinet 20 m	44,21 €	3	6XV1840-2AH10	44,21 €
2	Manguera 4Gx2,5 mm ² (100 m)	115,50 €	1	R-M1000V42.5	115,50 €
3	Cable 2,5 mm ² Negro (Bobina 100 m)	26,45 €	1	3Z6UM	531,30 €
3	Cable 2,5 mm ² Marrón (Bobina 100 m)	26,45 €	1	R-CUF2.5	26,45 €
3	Cable 2,5 mm ² Rojo (Bobina 100 m)	26,45 €	1	R-CUF2.5	26,45 €
3	Cable 2,5 mm ² Azul (Bobina 100 m)	26,45 €	1	R-CUF2.5	26,45 €
3	Cable 2,5 mm ² Verde-Amarillo (Bobina 100 m)	26,45 €	3	R-CUF2.5	26,45 €
				Total	796,81 €

Tabla 58: Presupuesto cableado.

13.4. MANO DE OBRA

N.º de Operarios	Categoría	Precio / Hora	Horas	Total
2	Oficial 1ª	32,00 €	40	1280,00 €
1	Programador	42,00 €	30	1260,00 €
			Total	2540,00 €

Tabla 59: Presupuesto mano de obra.

13.5. RESUMEN PRESUPUESTO E IMPORTE TOTAL

N.º	Concepto	Cantidad	Precio	Importe Total
1	Cuadro Eléctrico	1	6192,44 €	6192,44 €
2	Instalación de campo	1	2849,03 €	2849,03 €
3	Cableado	1	796,81 €	796,81 €
4	Mano de Obra	1	2540,00 €	2540,00 €
5	Imprevistos	7 %	866,48 €	866,48 €
			Importe Total	13244,76 €

Tabla 60: Resumen presupuesto e importe total.

14. CONCLUSIONES

Hay que decir que, al ser un trabajo teórico y al no haberse realizado ninguna prueba de funcionamiento, será necesario realizar una calibración y puesta a punto para el correcto funcionamiento de esta máquina industrial.

También hay que destacar que, se puede realizar el dosificado de distintos materiales, ya que el dosificado depende de la densidad del material con el que se desea trabajar. También, se pueden llenar una gran variedad de recipientes. También, se puede realizar el dosificado de distintos materiales, ya que el dosificado depende de la densidad del material con el que se desea trabajar, también se puede trabajar con distintas capacidades de como el volumen de estos.

En el futuro, la máquina industrial de llenado podría ser ampliada para conseguir una mayor producción (por ejemplo, poniendo varias máquinas en serie para que llenen varios botes en vez de uno en un ciclo). Para ello, se deberá adaptar y sincronizar la automatización de este trabajo final de grado a más máquinas, tantas como el cliente desee. También, cualquier cambio en el diseño mecánico (dimensiones de la máquina) supondría volver a realizar los cálculos realizados en este trabajo y también supondría modificar la automatización.

A continuación, se ofrecen unas tablas resumen de los resultados obtenidos en base a los cálculos de este trabajo:

14.1. RESUMEN MOTORES

Hay que decir que, las potencias que se ofrecen a continuación, son las potencias mínimas de los motores para el correcto funcionamiento de la máquina industrial de llenado.

Todos los motores escogidos en este trabajo serán de 4 polos de la empresa Bonfiglioli.

Motor accionador tornillo sin fin alimentador	0,75 kW
Motor accionador tornillo sin fin dosificador	1,1 kW
Motor accionador agitador	1,5 kW
Motor accionador cinta transportadora	0,75 kW

Tabla 61: Tabla resumen de los motores.

14.2. RESUMEN REDUCTORES

Todos los reductores escogidos en este trabajo serán de tornillo sin fin – corona de la empresa Bonfiglioli.

Reductor accionador tornillo sin fin alimentador	$i = 20$
Reductor accionador tornillo sin fin dosificador	$i = 10$
Reductor accionador agitador	$i = 69$
Reductor accionador cinta transportadora	$i = 24$

Tabla 62: Tabla resumen de los reductores.

14.3. RESUMEN FUNCIONAMIENTO

Para la realización del proceso de llenado, la máquina cuenta con cuatro motores eléctricos, dos cilindros neumáticos, dos variadores de frecuencia, un PLC (Controlador Lógico Programable), una pantalla táctil HMI (Interfaz Humano – Máquina) con la cual se puede controlar el funcionamiento de dicha máquina y varios detectores o sensores que ofrecen información al PLC para la correcta realización del proceso.

En el Interfaz Humano – Máquina se podrán escoger de dos modos de funcionamiento: Un modo manual, con el cual se podrán controlar los motores de forma individual y un modo automático, el cual realizará el siguiente proceso:

En primer lugar, cuando el interruptor de marcha / paro de la máquina está encendido y la seta de emergencia no está pulsada, la máquina se encontrará en funcionamiento.

Si la máquina se encuentra en funcionamiento, el agitador girará, evitando que el material que se encuentra en la tolva se acumule en las paredes de la tolva, lo que se desea es que, el nivel de material en el interior de la tolva sea uniforme.

Si la máquina se encuentra funcionando y un detector detecta posición de bote, la cinta transportadora se detendrá y a continuación el tornillo sin fin dosificador procederá

al llenado de este. Una vez que haya terminado de llenar el bote, este tornillo sin fin se detendrá y la cinta transportadora volverá a tener movimiento, dejando pasar nuevos botes vacíos.

Si la máquina se encuentra funcionando y un sensor detecta un nivel de material dentro de la tolva demasiado bajo, se activará el motor alimentador, el cual proveerá de material nuevo al interior de la tolva. Una vez que el sensor detecte que hay un nivel suficiente de material dentro de la tolva, el motor del alimentador se detendrá.

En caso de que el interruptor de marcha / paro este apagado, la máquina se encontrará apagada.

En caso de emergencia, se deberá pulsar una seta de emergencia colocada en el exterior del cuadro eléctrico, la cual detendrá toda la actividad de la máquina.

Para que la máquina vuelva a funcionar después de un paro de emergencia, se deberá pulsar un botón de reset, el cual reiniciará el proceso de la máquina.

El botón de reset, también pondrá en funcionamiento la máquina en el momento de encendido.

14.4. RESUMEN PRESUPUESTO

Cuadro Eléctrico	6192,44 €
Instalación de campo	2849,03 €
Cableado	796,81 €
Mano de Obra	2540,00 €
Imprevistos	866,48 €
Importe Total	13244,76 €

Tabla 63: Tabla resumen del presupuesto.

15. BIBLIOGRAFÍA

Admin Directindustry. (2018, mayo 15). Cinta transportadora de acero inoxidable / industrial / de alta resistencia / resistente a los productos químicos - DW series - DYMCO. LTD. Recuperado 15 de mayo de 2018, a partir de <http://www.directindustry.es/prod/dymco-ltd/product-14232-345706.html>

Admin Disseny Producte. (2018, abril 29). El Factor de Potencia en las instalaciones eléctricas. - Disseny Producte | Desarrollo Web SEO Digitalización Automatización. Recuperado 29 de abril de 2018, a partir de <https://dissenyproducte.blogspot.com.es/2015/09/el-factor-de-potencia-en-las.html>

Admin Grupo Gaes. (2018, abril 12). Motor reductor: Reductores sin fin corona forma redonda. Recuperado 12 de abril de 2018, a partir de <http://www.grupogaes.com/productos/motor-reductor/reductores-sin-fin-corona-forma-redonda.html>

Admin Infootec. (2018, abril 29). Factor de potencia y potencia aparente. - infootec.net. Recuperado 29 de abril de 2018, a partir de <https://www.infootec.net/factor-de-potencia/>

Admin Ingemecanica. (2018a, marzo 20). Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin. Recuperado 20 de marzo de 2018, a partir de <http://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialn143.html>

Admin Ingemecanica. (2018b, mayo 23). Pesos Específicos y Densidades de los Materiales. Recuperado 23 de mayo de 2018, a partir de <http://ingemecanica.com/tutoriales/pesos.html>

Admin Pntic. (2018, mayo 1). Selección disyuntores. Recuperado 1 de mayo de 2018, a partir de <http://roble.pntic.mec.es/adog0009/5.html>

Admin Roydisa. (2014, enero 28). Calcular fuerza de los cilindros neumáticos y consumo de aire. Recuperado 3 de mayo de 2018, a partir de <https://www.roydisa.es/calcular-la-fuerza-que-desarrolla-un-cilindro-neumatico-y-su-consumo-de-aire/>

Agitadores. (s. f.). Recuperado a partir de <http://docentes.uto.edu.bo/mruizo/wp-content/uploads/Agitadores1.pdf>

Apuntes, N. Y. (2015, febrero 21). El blog del Ingeniero Civil - Notas y Apuntes: ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO (SLUMP TEST). Recuperado 25 de abril de

2018, a partir de <http://ingcivil-notasapuntes.blogspot.com.es/2015/02/ensayo-de-consistencia-del-concreto.html>

Biomasa forestal. (2018). FICHA TÉCNICA PELLET, 2.

CATALOGO REDUCTORES. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.soltecnica.com/doc/es-catalogo-rem-.pdf>

Cilindros Festo. (s. f.). Recuperado a partir de https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/ADN_ES.PDF

Detectores de posición. (s. f.). Recuperado a partir de https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/SMX8_ES.PDF

ELECTROVÁLVULAS. (s. f.). Recuperado a partir de <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/14f1/0900766b814f141b.pdf>

FESTO. (2018, mayo 3). ADN-32-80-I-PPS-A | Cilindro compacto neumático Festo, ADN-32-80-I-PPS-A, Doble Acción | Festo. Recuperado 3 de mayo de 2018, a partir de <https://es.rs-online.com/web/p/cilindros-compactos-neumaticos/1215760/>

Foro Emagister. (2018, mayo 23). Debate Densidad arena humeda y arena seca??? página 2 - grupos.emagister.com. Recuperado 23 de mayo de 2018, a partir de http://grupos.emagister.com/debate/densidad_arena_humeda_y_arena_seca___/6743-300992/p2

Fuente de alimentacion. (s. f.). Recuperado a partir de <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/1318/0900766b81318520.pdf>

HMI Multi Panel 270. (s. f.). Recuperado a partir de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/820/23337820/att_68007/v1/hmi_mp_277_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf

HMI SIEMENS. (s. f.). Recuperado a partir de <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/13c3/0900766b813c35bd.pdf>

HORMIGON. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.concretonline.com/pdf/00hormigon/art_tec/C3.pdf

MOTORES BONFIGLIOLI. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.docsbonfiglioli.com/pdf_documents/catalogue/BR_CAT_BNEX_STD_SPA_R03_1.pdf

Motores electricos. (2018a, abril 30). Venta ON-LINE de Motores Eléctricos, Especiales, Vibradores Industriales, Variadores de Velocidad, Cuadros Eléctricos. Recuperado 30 de abril de 2018, a partir de <http://www.motores-electricos.es/>

Motores electricos. (2018b, mayo 1). Tienda online de motores eléctricos y derivados - Tienda online de motores eléctricos y derivados. Recuperado 30 de abril de 2018, a partir de <http://www.motoreselectricos.eu/>

Nexinstrument, S. (2018, abril 15). 6AV6643-0CD01-1AX1. Recuperado 15 de abril de 2018, a partir de <https://www.nexinstrument.com/6AV6643-0CD01-1AX1>

Nicontrols, S. (2018, abril 15). 6AV6643-0CD01-1AX1 | Siemens MP277 Multi Panel Touch Screen. Recuperado 15 de abril de 2018, a partir de <https://nicontrols.com/es/6av66430cd011ax1-siemens.html>

NORMATIVA DE SEGURIDAD MAQUINARIA. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2004/31/fp_rev_31.pdf

OSD Schenck, S. (2018a, abril 15). Siemens 22MM 3SB3203-1HA20-OCC0. Recuperado 15 de abril de 2018, a partir de <https://shop.osd-schenck.de/3SB3203-1HA20-OCC0>

OSD Schenck, S. (2018b, abril 15). Siemens 22MM PLASTIC ROUND ACTUATOR 3SB3000-2LA41. Recuperado 15 de abril de 2018, a partir de https://shop.osd-schenck.de/epages/es549793.sf/en_GB/?ObjectID=395293

Peso_Especifico_de_Materiales.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.euroimportadora.com.mx/SYS_user/tips_tecnicos/es/Peso_Especifico_de_Materiales.pdf

REGLAMENTO DE BAJA TENSIÓN. (s. f.). Recuperado a partir de <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/normativa/normativa-electrica/reglamento-baja-tension.pdf>

Ronald Pingo Amaya. (2018). *ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO (SLUMP TEST)*. Recuperado a partir de <https://www.youtube.com/watch?v=ngogtGjXnEo>

RS Online. (2018, abril 30). RS Components | Componentes Electrónicos y Eléctricos. Recuperado 30 de abril de 2018, a partir de <https://es.rs-online.com/web/>

RS Online, S. (2018, mayo 5). 6EP1332-1SH43 | Fuente de alimentación de montaje en carril DIN, Modo conmutado, 60W, 1 salida 2.5A, 24V dc a 24V dc | Siemens. Recuperado 9 de mayo de 2018, a partir de <https://es.rs-online.com/web/p/fuentes-de-alimentacion-de-montaje-en-panel-y-carril-din/7342718/>

RS Online, S. (s. f.). 6ES7217-1AG40-0XB0 | CPU para PLC Siemens S7-1200, Salida Digital, transistor, Memoria 4 MB, Ethernet, Programa 125 kB, 24 Puertos E/S |

Siemens. Recuperado 9 de mayo de 2018, a partir de <https://es.rs-online.com/web/p/cpus-para-automatas-programables/8624499/>

RS Online, T. (2018, mayo 7). PXW-2-24 | Sensor capacitivo, 25 mm, SPCO, 5 A, IP67 | Tempatron. Recuperado 7 de mayo de 2018, a partir de <https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-capacitivos/4139641/>

Scribd. (2018, mayo 23). Densidad de los Ingredientes.doc. Recuperado 23 de mayo de 2018, a partir de <https://es.scribd.com/document/138246285/Densidad-de-los-Ingredientes-doc>

Selección Reductor. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.roydisa.es/wp-content/uploads/2012/12/SeleccionReductorSW.pdf>

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS. (s. f.). Recuperado a partir de <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-motores-electricos-articulo-tecnico-espanol.pdf>

Sensor capacitivo. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.tempatron.co.uk/resources/product/datasheet_54.pdf

Sensor de Posición. (s. f.). Recuperado a partir de <https://cdn.kempstoncontrols.com/files/717db5eda1ce99571d529bc282bea047/PXW-3-230.pdf>

SENSORES DE NIVEL. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.automation.siemens.com/sc-static/catalogs/catalog/pi/FI01/es/FI01_es_kap04.pdf

Sercomac. (2018, mayo 2). Suministros Industriales - Herramientas - Ferretería Online. Recuperado 2 de mayo de 2018, a partir de <https://www.sercomac.com/>

SIMATIC S71200R.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf

Tienda Electricidad. (2018a, mayo 6). Cable electrico 2,5 mm flexible h07v-k. Recuperado 6 de mayo de 2018, a partir de <http://www.electricidad.tienda/cable-electrico-flexible/cable-unipolar-h07v-k-flexible-25mm2-819.html>

Tienda Electricidad. (2018b, mayo 6). Conductores electricos manguera electrica 4x2.5mm rv-k 1000v. Recuperado 6 de mayo de 2018, a partir de <http://www.electricidad.tienda/manguera-negra/manguera-rv-k-4x25-mm2-1000v-861.html>

Bibliografía

Wikipedia. (2015, enero 20). Anexo: Pesos específicos. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Anexo:Pesos_espec%C3%ADficos&oldid=79511385

Wikipedia. (2017, noviembre 13). Electroválvula. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Electrov%C3%A1lvula&oldid=103369510>

Wikipedia. (2018a, marzo 8). Pellet de madera. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Pellet_de_madera&oldid=106074822

Wikipedia. (2018b, marzo 25). Interruptor diferencial. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Interruptor_diferencial&oldid=106479805

Wikipedia. (2018c, abril 10). Poliestireno. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Poliestireno&oldid=106928736>



Relación de documentos

<input checked="" type="checkbox"/> Memoria	106	páginas
<input type="checkbox"/> Anexos	78	páginas

La Almunia, a 21 de Junio de 2018

Firmado: Javier Ortiz Latorre



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

Nº TFG:
424.18.59

Director:

Fdo:
Eugenio Eladio
Martínez Asensio

Título TFG:
**Automatización de una máquina industrial de
llenado**

Autor:
Javier Ortiz Latorre

25 de Junio de 2018



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

Nº TFG:
424.18.59

Director:

Fdo:
Eugenio Eladio
Martínez Asensio

Título TFG:
**Automatización de una máquina industrial de
llenado**

Autor:
Javier Ortiz Latorre

25 de Junio de 2018



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

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

Automatización de una máquina industrial
de llenado

Automation of an industrial filling machine

424.18.59

Autor: Javier Ortiz Latorre
Director: Eugenio Eladio Martínez Asensio
Fecha: 25 de Junio de 2018

