



universidad  
de león



# Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y Aeroespacial

## GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

Trabajo de Fin de Grado

### Automatización del sistema de almacenamiento de cajas de transporte de aves en un matadero con PLC.

Autor: Saúl Algaba Fernández  
Tutor: Carlos López Díaz

(Septiembre, 2023)

**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y Aeroespacial**

**GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA**

**Trabajo de Fin de Grado**

**ALUMNO:** Saúl Algaba Fernández

**TUTOR:** Carlos López Díaz

**TÍTULO:** Automatización del sistema de almacenamiento de cajas de transporte de aves en un matadero con PLC

**TITLE:** Automation of the poultry transport crate storage system in a slaughterhouse using a PLC

**CONVOCATORIA:** Septiembre, 2023

**RESUMEN:**

El presente trabajo de fin de grado se enfoca en desarrollar una aplicación para controlar un sistema automático de almacenamiento de pallets utilizando un PLC Siemens S7-1200. Se comenzó analizando el funcionamiento de un sistema de lavado de cajas de transporte de aves en la empresa Huevos León S.L. Luego, se propusieron mejoras, eligiendo crear un sistema de almacenamiento de pallets que permitiera entregarlos al operario al final del proceso. La programación se realizó en el software TIA Portal utilizando el lenguaje KOP. Para la simulación, se utilizó el software Siemens S7-PLCSIM y Factory I/O para verificar el funcionamiento en tiempo real. Se definieron variables en Factory I/O y se asignaron a variables análogas en TIA Portal para garantizar una comunicación efectiva. A lo largo del trabajo, se presentará el código de programación completo y se mostrará el progreso del proceso mediante imágenes de Factory I/O.

**ABSTRACT:**

This final degree project focuses on developing an application to control an automatic pallet storage system using a Siemens S7-1200 PLC. The project began with an analysis of the operation of a poultry transport crate washing system at Huevos León S.L. Afterward, improvements were proposed, and the decision was made to create a pallet storage system that would deliver pallets to the operator at the end of the process. Programming was done using the KOP language in the TIA Portal software. For simulation, Siemens S7-PLCSIM software and Factory I/O were employed to verify real-time functionality. Variables were defined in Factory I/O and assigned to analogous variables in TIA Portal to ensure effective communication. Throughout the project, the complete programming code will be presented, and the progress of the process will be demonstrated using images from Factory I/O.

**Palabras clave:** PLC, automatización, TIA Portal, programación lógica, KOP, Siemens

**Firma del alumno:**

**VºBº Tutor/es:**

# 1. Resumen

El presente trabajo de fin de grado consiste, básicamente, en el desarrollo de una aplicación para el control de un sistema de almacenamiento de pallets automático. El control se realizará mediante un PLC (Programmable Logic Controller), más específicamente del *Siemens S7-1200*.

En primer lugar, se ha estudiado el funcionamiento actual de un sistema de lavado de cajas de transporte de aves de corral, instalado en la empresa *Huevos León S.L.* Tras ello, se han hecho tres propuestas de mejora del sistema y se ha elegido una de ellas para su desarrollo completo. Concretamente la que plantea la creación de un sistema de almacenamiento de los pallets una vez han sido lavados, con la posibilidad de que estos sean entregados a un operario al final del proceso.

Para la programación se ha utilizado el software *TIA Portal*, empleando el lenguaje de programación KOP (contactos o "Ladder"). Para la simulación se ha recurrido al uso del software *Siemens S7-PLCSIM*, lo que evita la necesidad de disponer de un PLC físico para comprobar el funcionamiento del programa. A su vez, se ha trabajado con el programa *Factory I/O* para recrear una escena real de un almacén, y poder así comprobar en vivo el estado de las variables de entrada y salida y el correcto funcionamiento del programa a lo largo de todo el proceso. Estas variables, correspondientes a distintos sensores y actuadores, se definirán en *Factory I/O* de acuerdo con los elementos que integran la simulación. Simultáneamente, estas se asignarán a variables análogas, con las mismas direcciones, en el software *TIA Portal*, para conseguir una correcta comunicación entre ambos programas.

A lo largo del presente trabajo se podrán observar tanto el código de programación completo, con los distintos bloques de función empleados, como el avance del proceso, gracias a imágenes obtenidas del software *Factory I/O*.

## 2. Abstract

This final degree project basically consists in the development of an application to control an automatic pallet storage system. The control will be carried out by means of a PLC (Programmable Logic Controller), more specifically the Siemens S7-1200.

In the first place, the current operation of a poultry transport box washing system installed in the company Huevos León S.L. After that, three proposals to improve the system have been made and one of them has been chosen for its complete development. Specifically, the one that proposes the creation of a storage system for the pallets once they have been washed, with the possibility that they are delivered to an operator at the end of the process.

For programming, the TIA Portal software has been used, using the KOP programming language (contacts or “Ladder”). For the simulation, the use of the Siemens S7-PLCSIM software has been used, which avoids the need to have a physical PLC to check the operation of the program. At the same time, we have worked with the Factory I/O program to recreate a real scene in a warehouse, and thus be able to check live the status of the input and output variables and the correct operation of the program throughout the entire process. These variables, corresponding to different sensors and actuators, will be defined in Factory I/O according to the elements that make up the simulation. Simultaneously, these will be assigned to analogous variables, with the same addresses, in the TIA Portal software, in order to achieve correct communication between both programs.

Throughout this work, it will be possible to observe both the complete programming code, with the different function blocks used, and the progress of the process, thanks to images obtained from the Factory I/O software.

## 3. Índice de contenidos

### 3.1 ÍNDICE GENERAL

1.	RESUMEN.....	0
2.	ABSTRACT .....	2
3.	ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	3
3.1	ÍNDICE GENERAL .....	3
4.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
5.	MEMORIA .....	8
5.1	ÍNDICE DE LA MEMORIA.....	8
5.2	INTRODUCCIÓN.....	9
5.3	OBJETO.....	9
5.4	NÚCLEO DEL TRABAJO.....	10
5.4.1.	<i>Análisis del sistema actual de lavado de cajas automatizado.....</i>	<i>10</i>
5.4.1.1.	Transportador de carga para los módulos LINCO Load/Maxi Load.....	10
5.4.1.2.	Transportador de carga para los módulos Maxi Load.....	12
5.4.1.3.	Transportador de cajas LINCO Load/Maxi Load.....	13
5.4.1.4.	Lavadora de cajón en espiral.....	14
5.4.1.5.	Caja de transporte.....	14
5.4.1.6.	Unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load.....	14
5.4.1.7.	Unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load.....	17
5.4.1.8.	Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi-Load.....	19
5.4.1.9.	Girador de cajas 180º.....	21
5.4.2.	<i>Posibles implementaciones del sistema de automatización.....</i>	<i>22</i>
5.4.2.1.	Propuesta 1.....	22
5.4.2.2.	Propuesta 2.....	24
5.4.2.3.	Propuesta 3.....	28
5.4.3.	<i>Elección de propuesta de implementación y materiales utilizados.....</i>	<i>29</i>
5.5	RESULTADOS.....	31
5.5.1.	<i>Programación del código para PLC.....</i>	<i>31</i>

5.6	CONCLUSIÓN.....	65
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	66
7.	ANEXOS.....	67
7.1	ÍNDICE DE PLANOS.....	67
7.1.1.	<i>Transportador de carga para los módulos Maxi Load. ....</i>	<i>67</i>
7.1.2.	<i>Transportador de cajas LINCO Load / Maxi Load. ....</i>	<i>68</i>
7.1.3.	<i>Lavadora de cajón en espiral .....</i>	<i>69</i>
7.1.4.	<i>Unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load.....</i>	<i>70</i>
7.1.5.	<i>Unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load. ....</i>	<i>72</i>
7.1.6.	<i>Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi Load. ....</i>	<i>73</i>
7.1.7.	<i>Girador 180° de cajas .....</i>	<i>74</i>

## 4. Índice de figuras

<i>Figura 5.1 Transportador de carga para los módulos LINCO Load/Maxi Load (I)</i> .....	11
<i>Figura 5.2 Transportador de carga para los módulos LINCO Load/Maxi Load (II)</i> .....	12
<i>Figura 5.3 Transportador de carga para los módulos Maxi Load</i> .....	13
<i>Figura 5.4 Transportador de cajas LINCO Load/ Maxi Load</i> .....	14
<i>Figura 5.5 Componentes unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load (I)</i> .....	16
<i>Figura 5.6 Componentes unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load (II)</i> .....	16
<i>Figura 5.7 Componentes unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load (I)</i> .....	18
<i>Figura 5.8 Componentes unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load (II)</i> .....	18
<i>Figura 5.9 Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi Load (I)</i> .....	20
<i>Figura 5.10 Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi Load (II)</i> .....	20
<i>Figura 5.11 Girador de cajas 180º</i> .....	21
<i>Figura 5.12 Ejemplo de robot autónomo marca Hikrobot</i> .....	24
<i>Figura 5.13 Ejemplo de sistema de sacrificio automático</i> .....	28
<i>Figura 5.14 Sistema automático encargado del paletizado</i> .....	32
<i>Figura 5.15 Crear proyecto en TIA Portal V16</i> .....	33
<i>Figura 5.16 Selección controlador PLC</i> .....	33
<i>Figura 5.17 Vista general del dispositivo</i> .....	34
<i>Figura 5.18 Bloque de organización principal</i> .....	34
<i>Figura 5.19 Distribución física de entradas y salidas</i> .....	35
<i>Figura 5.20 Posición inicial del pallet</i> .....	35
<i>Figura 5.21 Configuración de entradas y salidas TIA Portal</i> .....	36
<i>Figura 5.22 Entradas y salidas utilizadas (I)</i> .....	36
<i>Figura 5.23 Entradas y salidas utilizadas (II)</i> .....	37
<i>Figura 5.24 Llamada al bloque de conexión con Factory I/O en el bloque principal</i> .....	37
<i>Figura 5.25 Bloque de conexión entre TIA Portal y Factory I/O</i> .....	38
<i>Figura 5.26 Segmento 2 del bloque principal (inicialización del proceso)</i> .....	39
<i>Figura 5.27 Sensor presencia de pallet al inicio del proceso</i> .....	40
<i>Figura 5.28 Sensor final de carrera sobre banda transportadora y sensor presencia de cuna en posición inicial</i> .....	40
<i>Figura 5.29 Segmento 3 del bloque principal (transporte de pallet sobre la banda)</i> .....	41
<i>Figura 5.30 Creación del bloque de función para recoger el pallet</i> .....	42
<i>Figura 5.31 Segmento 4 del bloque principal (llamada a la función "Recoger pallet")</i> .....	42

<i>Figura 5.32 Repartidor, dientes en posición izquierda y final de carrera del repartidor.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 5.33 Segmento 1 de “Recoger pallet” (despliegue dientes hacia la izquierda).....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 5.34 Segmento 2 de “Recoger pallet” (elevación del repartidor). ....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 5.35 Posición del transportador que describe la programación del segmento 2.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 5.36 Configuración del temporizador.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 5.37 Segmento 2 de “Recoger pallet” (repliegue de dientes). ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 5.38 Transportador en posición para ubicar el pallet en el almacén. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 5.39 Segmento 4 de “Recoger pallet” (vuelta a posición inicial de la cuna). ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 5.40 Segmento 5 del bloque principal (sumar un valor al contador). ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 5.41 Segmento 6 del bloque principal (movimiento del transelevador a posición libre del almacén).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 5.42 Transelevador en la posición 1.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 5.43 Segmento 7 del bloque principal (activación función “Almacenar pallet”). ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 5.44 Segmento 1 de “Almacenar pallet” (elevación del repartidor). ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 5.45 Segmento 2 de “Almacenar pallet” (despliegue de dientes hacia derecha). ....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 5.46 Despliegue de dientes para ubicar el pallet en el almacén. ....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 5.47 Segmento 3 de “Almacenar pallet” (reseteo elevador).....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5.48 Segmento 4 de “Almacenar pallet” (repliegue de dientes). ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5.49 Reseteo dientes para ubicación de pallet en almacén. ....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 5.50 Segmento 5 de “Almacenar pallet” (vuelta de la cuna a posición inicial).....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 5.51 Segmento 6 de “Almacenar pallet” (reinicio de variables). ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5.52 Vuelta a posición de inicio del transelevador.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5.53 Segmento 8 del bloque principal (inicio de la fase de salida de pallets). ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 5.54 Segmento 9 del bloque principal (desplazamiento del transelevador para salida de pallet del almacén).....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 5.55 Segmento 10 del bloque principal (activación función “Desalmacenar pallet”)......</i>	<i>55</i>
<i>Figura 5.56 Segmento 1 de “Desalmacenar pallet” (despliegue de dientes hacia la derecha).....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 5.57 Dientes desplegados para recoger el pallet. ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5.58 Segmento 2 de “Desalmacenar pallet” (elevación del pallet a transportar). ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5.59 Segmento 3 de “Desalmacenar pallet” (repliegue de dientes). ....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 5.60 Segmento 4 de “Desalmacenar pallet” (reseteo elevador). ....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 5.61 Segmento 5 de “Desalmacenar pallet” (desplazamiento cuna a posición inicial). ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 5.62 Segmento 6 de “Desalmacenar pallet” (reseteo de variables) ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 5.63 Pallet limpio listo para la recogida del sistema de almacenamiento.....</i>	<i>59</i>





<i>Figura 5.64 Segmento 11 del bloque principal (resta de una unidad al contador).</i> .....	59
<i>Figura 5.65 Segmento 12 del bloque principal (habilitación función "Salida pallet").</i> .....	60
<i>Figura 5.66 Segmento 1 de "Salida pallet" (elevación cuna transelevador).</i> .....	60
<i>Figura 5.67 Segmento 2 de "Salida pallet" (Despliegue de dientes hacia la derecha).</i> .....	61
<i>Figura 5.68 Pallet situado sobre la cinta de salida.</i> .....	61
<i>Figura 5.69 Segmento 3 de "Salida pallet" (emplazamiento pallet sobre cinta de salida).</i> .....	62
<i>Figura 5.70 Pallet situado en la cinta de salida del sistema de almacenamiento.</i> .....	62
<i>Figura 5.71 Segmento 4 de "Salida pallet" (reseteo de variables).</i> .....	63
<i>Figura 5.72 Segmento 13 del bloque principal (activación cintas de salida).</i> .....	63
<i>Figura 5.73 Segmento 14 del bloque principal (parada transportador carga salida).</i> .....	64
<i>Figura 5.74 Segmento 15 del bloque principal (reseteo cinta salida y últimas variables activas)...</i>	64
<i>Figura 5.75 Pallet en posición final para recogida por parte del operario.</i> .....	65
<i>Figura 7.1 Transportador de carga para los módulos Maxi Load.</i> .....	67
<i>Figura 7.2 Unidad de transferencia angular.</i> .....	68
<i>Figura 7.3 Módulo lavador.</i> .....	69
<i>Figura 7.4 Unidad elevadora y apiladora</i> .....	70
<i>Figura 7.5 Unidad receptora.</i> .....	71
<i>Figura 7.6 Unidad de empuje con marco</i> .....	72
<i>Figura 7.7 Sistema de recepción vertical.</i> .....	73
<i>Figura 7.8 Girador de cajas.</i> .....	74
<i>Figura 7.9 Girador de cajas.</i> .....	75

## 5. Memoria

### 5.1 ÍNDICE DE LA MEMORIA.

5.1	ÍNDICE DE LA MEMORIA.....	8
5.2	INTRODUCCIÓN.....	9
5.3	OBJETO.....	9
5.4	NÚCLEO DEL TRABAJO.....	10
5.4.1.	<i>Análisis del sistema actual de lavado de cajas automatizado.....</i>	10
5.4.1.1.	Transportador de carga para los módulos LINCO Load/Maxi Load.....	10
5.4.1.2.	Transportador de carga para los módulos Maxi Load.....	12
5.4.1.3.	Transportador de cajas LINCO Load/Maxi Load.....	13
5.4.1.4.	Lavadora de cajón en espiral.....	14
5.4.1.5.	Caja de transporte.....	14
5.4.1.6.	Unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load.....	14
5.4.1.7.	Unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load.....	17
5.4.1.8.	Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi-Load.....	19
5.4.1.9.	Girador de cajas 180º.....	20
5.4.2.	<i>Posibles implementaciones del sistema de automatización.....</i>	21
5.4.2.1.	Propuesta 1.....	21
5.4.2.2.	Propuesta 2.....	24
5.4.2.3.	Propuesta 3.....	28
5.4.3.	<i>Elección de propuesta de implementación y materiales utilizados.....</i>	29
5.5	RESULTADOS.....	30
5.5.1.	<i>Programación del código para PLC.....</i>	30
5.6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65

## 5.2 INTRODUCCIÓN.

La automatización industrial [1] tiene sus raíces en el siglo XVIII, cuando se empezó a emplear maquinaria en la industria textil. A medida que transcurrió el tiempo se fueron generando tecnologías y sistemas más novedosos que posibilitaron la automatización de procesos cada vez más sofisticados. La invención de la máquina de vapor en el siglo XIX fue un hito importante, seguido por la introducción de sistemas electrónicos y la automatización programable en el siglo XX.

La automatización programable, también conocida como control numérico, permitió programar máquinas para realizar diversas tareas en un solo proceso, lo que facilitó la producción en masa de productos personalizados y redujo los costes. La automatización flexible, la evolución más reciente, permite adaptarse rápidamente a diferentes productos y requisitos de producción, lo que mejora la flexibilidad y reduce los costos.

La automatización industrial ha sido fundamental en la Industria 4.0, que se refiere a la cuarta revolución industrial en la que estamos inmersos. La Industria 4.0 integra tecnologías avanzadas como inteligencia artificial e Internet de las cosas en los procesos industriales, lo que aumenta la eficiencia, calidad y seguridad. Además, brinda mayor flexibilidad y capacidad de adaptación a los cambios del mercado y los requisitos de producción.

## 5.3 OBJETO.

El objeto de este trabajo consiste en realizar la automatización basada en PLC de un sistema de almacenamiento automático para el lavado de cajas, actualmente implantado en la empresa *Huevos León S.L.*, con el desarrollo del correspondiente código de programación y la verificación de su funcionamiento mediante la simulación del proceso. Para la programación se utilizará el software de Siemens *TIA Portal*, conectado al programa *Factory I/O*, con el que se realizará la simulación. El sistema simulado dispondrá de una serie de cintas transportadoras, un transelevador, distintos tipos de sensores y un PLC, donde estará el código encargado del control del proceso.

El desarrollo industrial, a nivel mundial, está claramente vinculado a la aplicación de la Industria 4.0, donde la producción se dirige hacia una personalización centrada en el

cliente. Esto implica la necesidad de realizar cambios en los procesos de producción para lograr esa personalización.

Debido a estas razones, el desarrollo y mejora de tecnologías como robótica, simulación, internet de las cosas, realidad aumentada, ciberseguridad... se vuelve cada vez más importante, ya que constituyen los pilares fundamentales para la creación de una producción basada en la Industria 4.0.

## **5.4 NÚCLEO DEL TRABAJO.**

### **5.4.1. Análisis del sistema actual de lavado de cajas automatizado.**

En primera instancia, los camiones cargados con las cajas llenas de aves vivas entran en la nave. A continuación, un toro elevador se ocupa de descargar los camiones que contienen cuatro pallets formados, cada uno de ellos, por cinco cajas con aves vivas. El toro elevador se encarga de colocar los pallets sobre una cinta transportadora, desde donde se dirigen hacia el sistema encargado de separar las distintas cajas de cada pallet, y transportarlas hasta la zona donde se encuentran varios operarios encargados de sacar las aves de las cajas y colocarlas en ganchos para que avancen hacia la siguiente etapa del proceso.

Una vez que la caja está vacía, continúa su recorrido a través de la cinta transportadora hasta la primera zona de lavado. Aquí se van acumulando hasta que hay dos pallets completos, con cinco cajas cada uno, y entonces se desplazan al último sistema de lavado y desinfectado. Una vez terminado este proceso, los pallets continúan en una cinta transportadora hasta una zona donde un toro elevador se ocupará de apilarlos nuevamente, pero ya limpios.

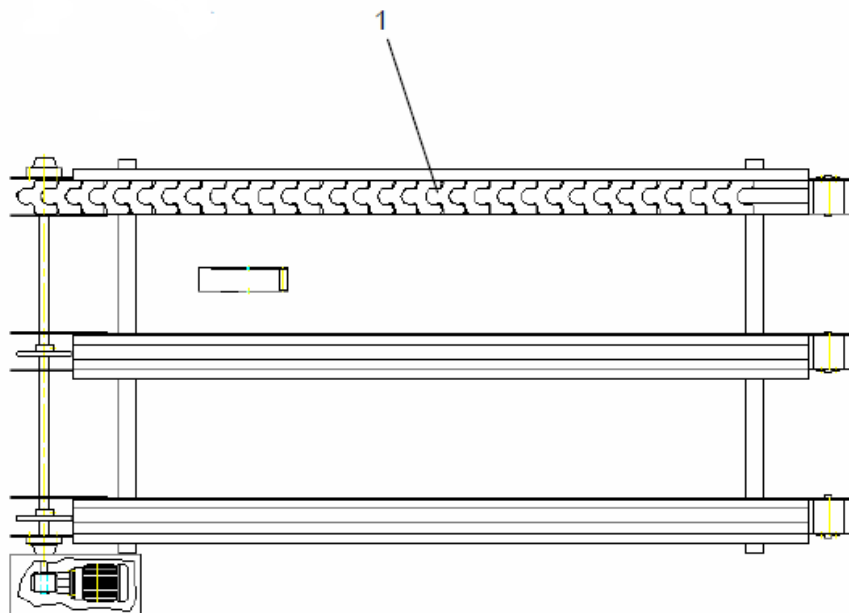
A continuación, se detallará la composición y diseño del sistema de transporte y lavado de cajas que se encuentra actualmente instalado

#### **5.4.1.1. Transportador de carga para los módulos LINCO Load/Maxi Load.**

El sistema LINCO Load/Maxi Load es un sistema de entrega completamente automático para manejar las aves vivas en cajas colocadas en módulos. La máquina/el equipo sirve para cargar y transportar los módulos LINCO Load/Maxi Load. Los módulos se apilan dos por dos o uno por uno. En el sistema Maxi Load, el módulo contiene cuatro o cinco cajas, mientras

que en el sistema LINCO Load, el módulo tiene tres filas de cuatro o cinco cajas cada una. El transportador está construido principalmente en acero inoxidable, aluminio y materiales sintéticos. Está constituido por tramos rectos o codos:

1. Tres cadenas transportadoras (en algunos casos sólo dos cadenas) hechas de materiales sintéticos con tres guías de cadena con raíles guía en acero inoxidable y raíles de deslizamiento en materiales sintéticos.
2. Las guías de cadena están soldadas sobre 2x2 pies en tubo cuadrado de acero inoxidable con zapatas ajustables
3. Un extremo inerte con tres rodillos sueltos hechos de materiales sintéticos y montados en tres ejes fijos de acero inoxidable.
4. Un extremo de accionamiento compuesto de tres ruedas de cadena en acero inoxidable montadas en un eje de acero inoxidable con tres cojinetes debrida y un motorreductor eléctrico.



*Figura 5.1 Transportador de carga para los módulos LINCO Load/Maxi Load (I). (Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_01-Adicionales)*

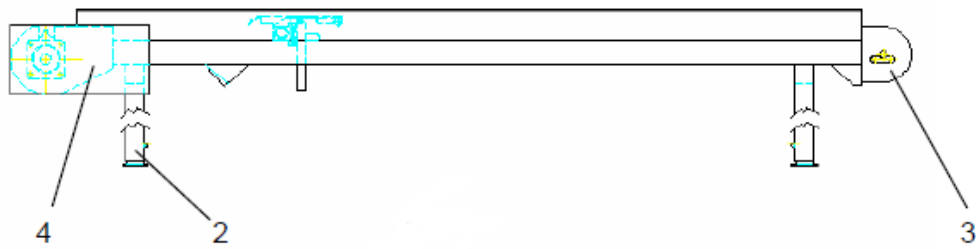


Figura 5.2 Transportador de carga para los módulos LINCO Load/Maxi Load (II). (Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_01-Adicionales)

#### 5.4.1.2. Transportador de carga para los módulos Maxi Load.

La máquina/el equipo sirve para cargar y transportar los módulos Maxi Load. Los módulos se apilan dos por dos o uno por uno. Cada módulo contiene cuatro o cinco cajas. El transportador está construido principalmente en acero inoxidable, aluminio y materiales sintéticos. Está constituido por tramos rectos o codos y cuenta con los elementos siguientes:

1. Tres cadenas transportadoras hechas de materiales sintéticos con tres guías de cadena con raíles guía en acero inoxidable y raíles de deslizamiento en materiales sintéticos.
2. Las guías de cadena están soldadas sobre 2x2 pies en tubo cuadrado de acero inoxidable con zapatas ajustables
3. Un extremo inerte con tres rodillos sueltos hechos de materiales sintéticos y montados en tres ejes fijos de acero inoxidable.
4. Un extremo de accionamiento compuesto de tres ruedas de cadena en acero inoxidable montadas en un eje de acero inoxidable con tres cojinetes debridada y un motorreductor eléctrico.

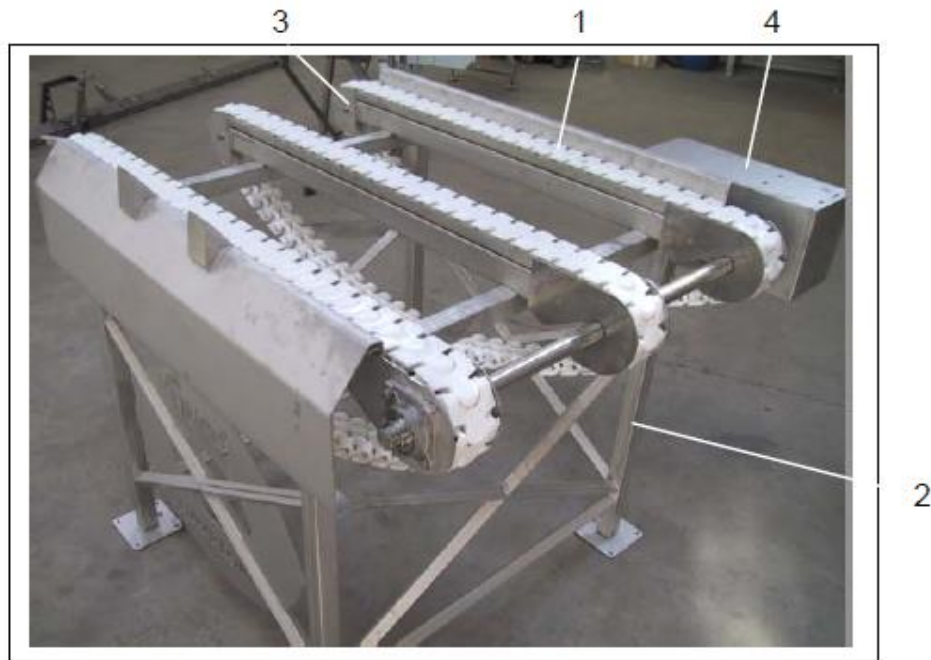


Figura 5.3 Transportador de carga para los módulos Maxi Load. (Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_01-Adicionales)

#### 5.4.1.3. Transportador de cajas LINCO Load/Maxi Load.

El transportador está construido principalmente en acero inoxidable, aluminio y materiales sintéticos. Está constituido por tramos rectos o codos y cuenta con los elementos siguientes:

1. Dos cadenas transportadoras hechas de materiales sintéticos, que corren en dos guías de cadena con raíles guía de acero inoxidable, y para las cajas Maxi Load llenas, raíles deslizantes en materiales sintéticos.
2. Las guías de cadena están soldadas sobre 2x2 pies en tubo cuadrado de acero inoxidable con zapatas ajustables
3. Un extremo inerte con dos rodillos hechos de materiales sintéticos y montados en dos ejes fijos de acero inoxidable.
4. Un extremo de accionamiento compuesto de dos ruedas de cadena en acero inoxidable montadas en un eje de acero inoxidable con dos cojinetes de brida y un motorreductor eléctrico.

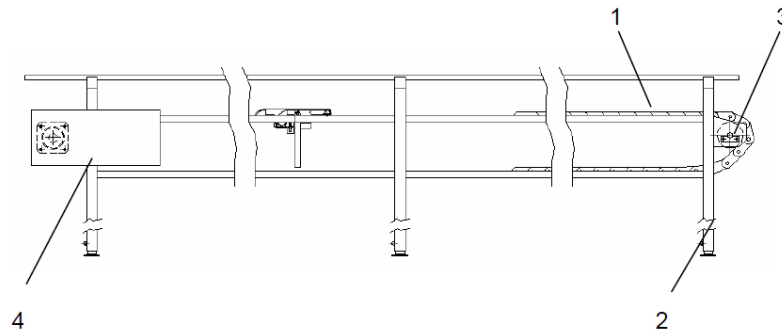


Figura 5.4 Transportador de cajas LINCO Load/ Maxi Load. (Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_35 - Transportador)

#### 5.4.1.4. Lavadora de cajón en espiral.

La lavadora de cajón se caracteriza por tener un diseño compacto y que su funcionamiento consiste en realizar un lavado repetitivo con un alto volumen de agua, en toda la superficie de las cajas. Un rotor externo, en rotación continua y a velocidad variable, es el encargado del transporte de las cajas a través de las distintas secciones de lavado. Las cajas irán rotando de tal forma que su superficie interna quede expuesta en las posiciones del rotor interno, el cual gira libremente mientras una serie de boquillas de lavado realizan su función.

#### 5.4.1.5. Caja de transporte.

Diseñado en plástico ecológico reciclable de alta resistencia y estabilidad, carece de astillas ni clavos, no absorbe humedad y es fácil de limpiar. Asegura la frescura y calidad del producto que va a transportar gracias a su base perforada. En este caso, el TradePallet, fabricado en polipropileno, es encajable, lo que supone un ahorro en espacio para el transporte y almacenamiento.

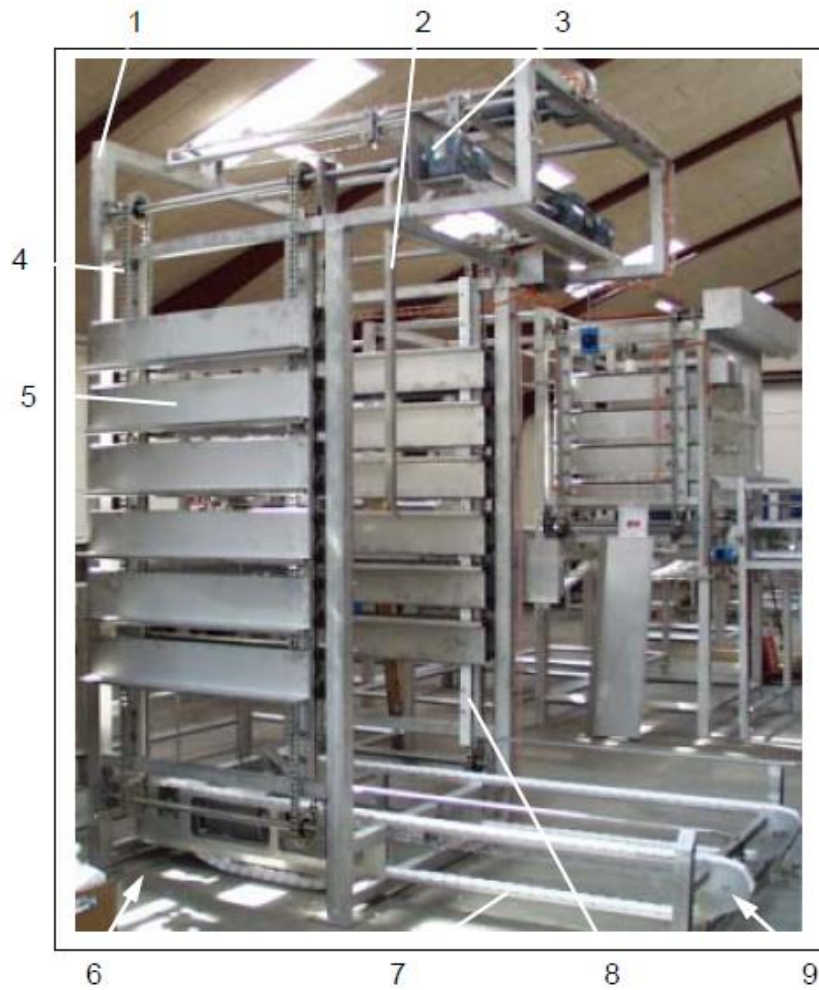
#### 5.4.1.6. Unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load.

El sistema está construido fundamentalmente en acero inoxidable, aluminio y materiales sintéticos. Se compone de los siguientes elementos principales:

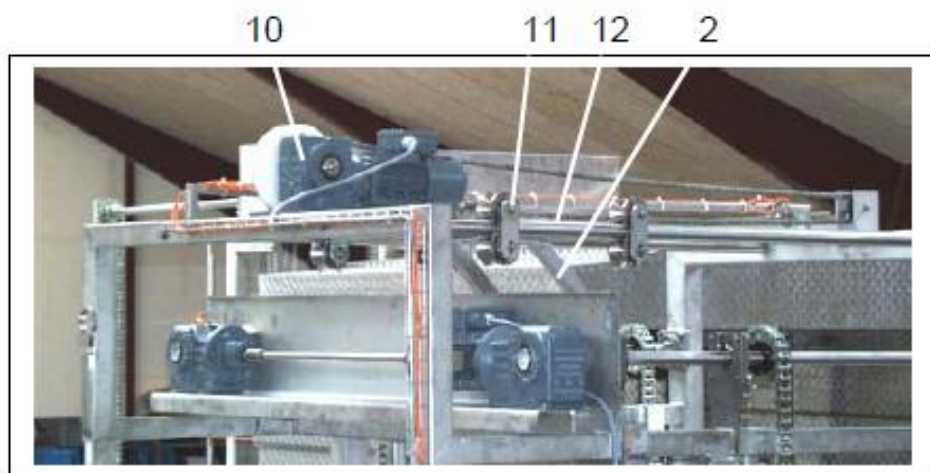
- Un bastidor (1) en forma de tubos cuadrados de acero inoxidable, colocado sobre cuatro patas ajustables.
- Un transportador que consiste en:



- Dos cadenas transportadoras (7) hechas de materiales sintéticos y dos guías de cadena con raíles de acero inoxidable y raíles de deslizamiento en materiales sintéticos.
- Un extremo inerte (9) con dos rodillos sueltos hechos de materiales sintéticos y montados en dos ejes fijos de acero inoxidable.
- Un extremo de accionamiento (6) compuesto por dos ruedas de cadena en acero inoxidable montadas en un eje de acero inoxidable con dos cojinetes de brida y un motorreductor eléctrico.
- Una unidad apiladora que incluye:
  - Veinticuatro agarres (5), seis en cada lado.
  - Cuatro cadenas (4), dos en cada lado, en las que se montan los agarres con junta rotatoria.
  - Cuatro raíles guía (8) para las cadenas en materiales sintéticos.
  - Una unidad de accionamiento (3) con un motor eléctrico, un engranaje, dos ejes de accionamiento, dos ejes inertes, ocho ruedas de cadena y ocho cojinetes de brida.
- Una unidad empujadora con brazo de empuje (2) que avanza y retrocede por medio de un motorreductor eléctrico (10) con acoplamiento de seguridad mediante accionamiento de cadena. Los movimientos son guiados por dos barras guía redondas (12) y 2x4 ruedas guía (11).
- Diversos sensores inductivos.



*Figura 5.5 Componentes unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load (I).  
(Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_36 - Elevador-apilador)*



*Figura 5.6 Componentes unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load (II).  
(Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_36 - Elevador-apilador)*

Estas condiciones han de ser cumplidas antes de que el sistema de recepción quede listo para recibir cajas:

- El sensor de "caja en el transportador" deba estar libre
- El sistema de recepción debe estar libre de cajas.
- Los agarres deben estar en su posición más baja.

El transportador alimenta las cajas en la máquina/el equipo. El sensor de "cajas en el transportador" se activa.

El elevador (cadenas con agarres) levanta la caja de un eslabón, el transportador introduce la caja siguiente, etc.

Una vez que las cajas están apiladas y que el sensor de 4 ó de 5 cajas se activa, el brazo empuja las cajas en el módulo, colocado en la posición debida en el módulo transportador.

#### **5.4.1.7. Unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load.**

El equipo está construido fundamentalmente en acero inoxidable, aluminio y materiales sintéticos aprobados para uso con productos alimentarios. Se compone de los siguientes elementos principales:

- Un bastidor, hecho de tubos de acero inoxidable, constituido por dos partes:
  - Un bastidor de suelo (1) montado en cuatro zapatas ajustables.
  - Un bastidor de máquina (2) en el que se encuentran montadas las piezas mecánicas.
- Una sección de empuje (3) que consiste en un bastidor en tubo cuadrado, en el que están soldadas diez piezas de tubo redondo.
- Diez brazos de empuje (4) y cinco gatos neumáticos (5) cada uno anclado con dos chapas de montaje (6) y cuatro bloques de apriete (7) colocados en la sección de empuje.
- Cuatro barras guías redondas (8), 4x2 ruedas guía (9) que controlan los movimientos de la sección de empuje.
- Una unidad de accionamiento para hacer avanzar y recular la unidad de empuje, consistente en un motor eléctrico (11) y dos cadenas de rodillos (10).

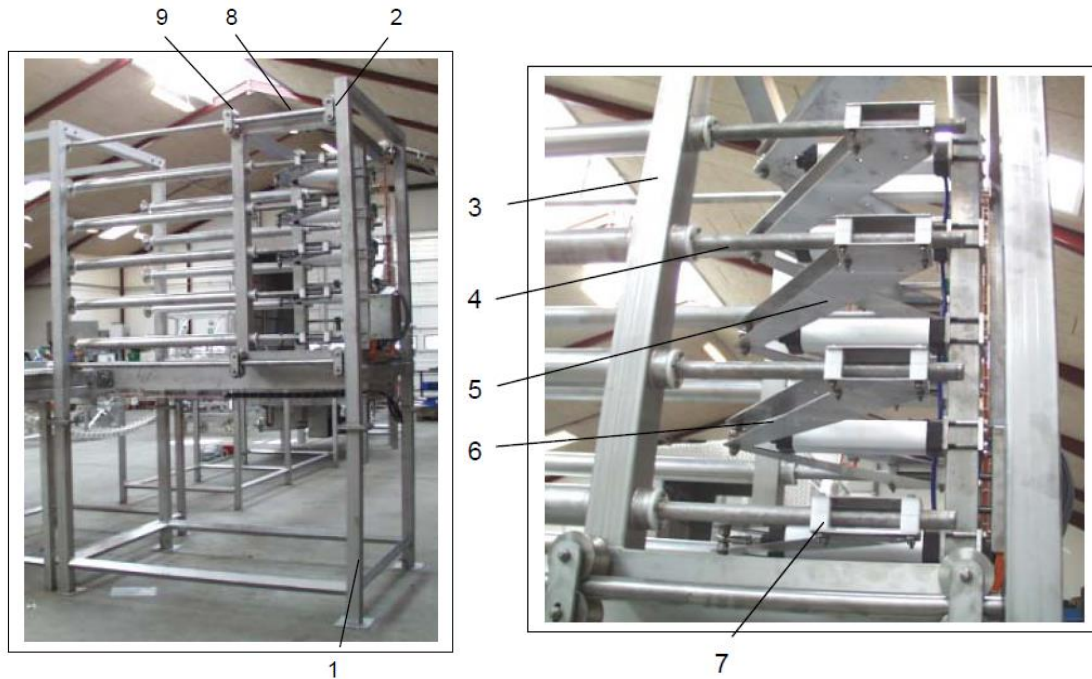


Figura 5.7 Componentes unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load (I). (Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_30 - Empujador)

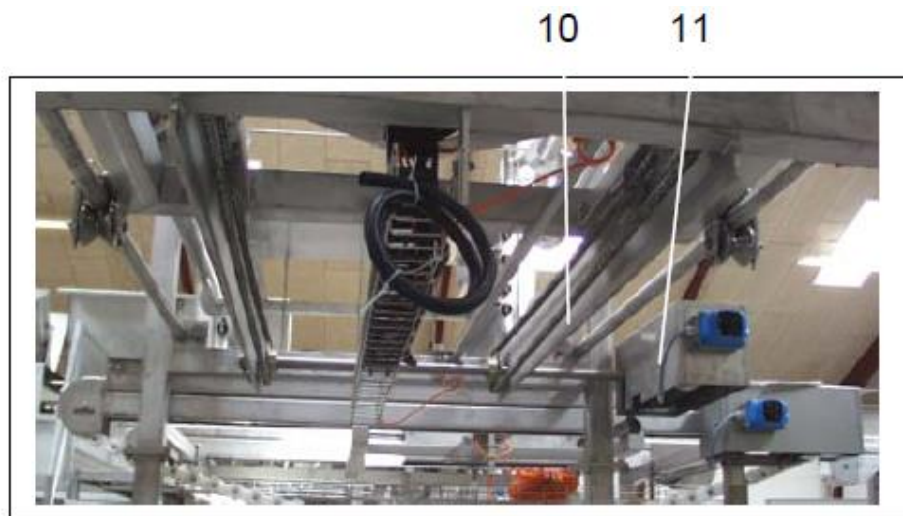


Figura 5.8 Componentes unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load (II). (Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_30 - Empujador)

Tres condiciones han de quedar satisfechas para que los módulos puedan avanzar en el transportador entre la unidad de empuje y la unidad de recepción.

- El sensor de "módulo en posición correcta" tiene que estar libre en el transportador
- Todos los sensores de "gato en posición retraída" tienen que estar activados
- La "sección de empuje hacia fuera en posición retraída" tiene que estar activada.

El transportador avanza y la parada del módulo está puesta. Los módulos llenos avanzan en el transportador. El sensor de "módulo en posición" se activa y el transportador para.

Todos los gatos de empuje se activan. En caso de error, se realizan 3 tentativas. Cuando todos los gatos están en posición avanzada, el motor arranca y la unidad de empuje avanza.

Cuando todas las cajas se empujan y todos sensores de posición adelantada quedan activados, la sección y los gatos de empuje se ponen en posición retraída.

La parada del módulo se baja, el transportador arranca y la parada del módulo vuelve a subir cuando el sensor de "módulo en posición" está libre.

#### **5.4.1.8. Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi-Load**

El sistema Maxi-Load es un sistema de entrega completamente automático para manejar las aves vivas en cajas colocadas en módulos. El equipo es un sistema de recepción y desapilado de las cajas que se empujan fuera de los módulos. Cada módulo contiene cuatro o cinco cajas. El equipo está construido principalmente en acero inoxidable, aluminio y materiales sintéticos. Se compone de los siguientes elementos principales:

- Un bastidor hecho de tubos en acero inoxidable, constituido por dos partes:
  - Un bastidor de suelo (2) montado en cuatro zapatas ajustables.
  - Un bastidor de máquina (1) en el que están montadas las piezas mecánicas.
- Un transportador que consiste en:
  - Tres cadenas transportadoras (9) hechas de materiales sintéticos, tres guías de cadena con raíles guía en acero inoxidable y raíles deslizantes en materiales sintéticos.
  - Un extremo inerte (7) con tres rodillos sueltos hechos de materiales sintéticos y montados en tres ejes fijos de acero inoxidable.
  - Un extremo de accionamiento (8) compuesto de tres ruedas de cadena en acero inoxidable montadas en un eje de acero inoxidable con tres cojinetes de brida y un motorreductor eléctrico.
- Una unidad desapiladora que incluye:

- Diez agarres (4) – cinco de cada lado y una placa de cubierta (3) montada sobre los agarres superiores.
  - Cuatro cadenas (6) – dos en cada lado, en las que están montados los agarres con junta rotatoria
  - Cuatro raíles guía (10) para las cadenas en materiales sintéticos.
  - Una unidad de accionamiento con un motor eléctrico, un reductor, dos ejes de accionamiento, dos ejes inertes, ocho ruedas de cadena y cuatro cojinetes de brida.
- Varios sensores inductivos.

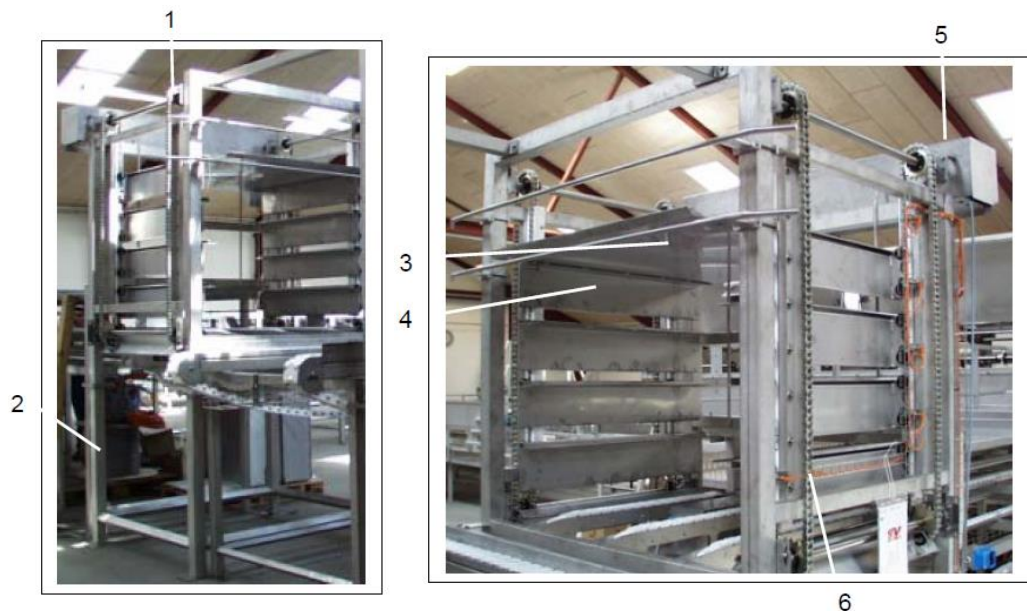


Figura 5.9 Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi Load (I). (Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_31 – Receptor vertical)



Figura 5.10 Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi Load (II). (Fuente: Manual LINCO Food Systems,1\_31 – Receptor vertical)

Estas condiciones han de ser cumplidas antes de que el sistema de recepción quede listo para recibir cajas:

- El sensor de "caja en el transportador" debe estar libre
- El sistema de recepción debe estar libre de cajas.
- Los agarres deben estar en su posición más alta (para 4 o 5 cajas).

El módulo está en posición correcta en el transportador entre el sistema de recepción y la unidad de empuje.

Las cajas se introducen en el sistema de recepción. El sensor de "cajas en el transportador" se activa. La siguiente caja no debe bajarse antes de que el transportador quede libre. En cuanto una caja sale y el sensor queda libre, la siguiente caja baja, se coloca en el transportador, etc.

#### 5.4.1.9. Girador de cajas 180°

Este sistema automático se encarga de girar las cajas a 180 grados durante el proceso de lavado, para remover todas las suciedades e impurezas que se encuentren en el interior de dichos cajones.

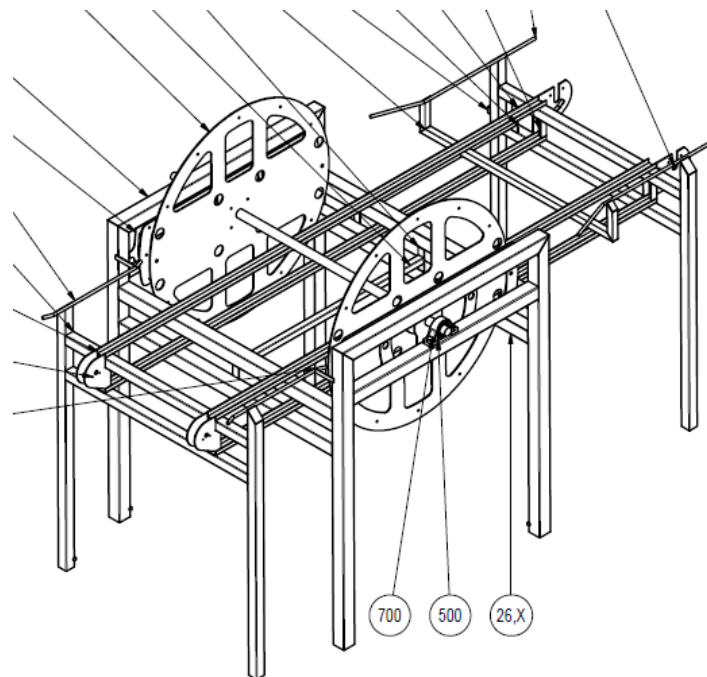


Figura 5.11 Girador de cajas 180°.

## 5.4.2. Posibles implementaciones del sistema de automatización

Analizando el sistema automático actual, se proponen 3 opciones de mejora del sistema

### 5.4.2.1. Propuesta 1

Inicialmente se propone el uso de robots autónomos para el movimiento de las cajas de transporte de aves. Estos robots se emplearán para transportar las cajas sucias desde la zona de descargue hasta la zona de lavado y, finalmente, de esta a la zona de almacenamiento.

Un robot autónomo es aquel capaz de realizar la tarea para la que se le ha diseñado sin necesidad de recibir una instrucción directa [1]. Para este caso podríamos usar robots AGV (vehículos de guiado automático) o robots AMR (robot móvil autónomo).

En [2] se explican las principales ventajas de un AMR respecto a un AGV:

- Permite flexibilidad en la navegación.
- Selecciona rutas inteligentes para la entrega de mercancías.
- Trabajan en entornos rodeados de humanos, objetos y de otros robots.
- Eliminan los cuellos de botella en los centros de distribución.
- Se pueden controlar mediante software en tiempo real.
- Permiten la priorización de entregas.
- Son especialmente útiles para centros logísticos destinados al *ecommerce*.
- Implantación más rápida y menos costosa.
- Reducen el tiempo de instalación y eliminan las paradas a la hora de integrarlos.
- Se adaptan con facilidad a diferentes formatos de productos.
- En caso de cambiar la producción, permiten un reajuste de programación rápido, sencillo y muy económico.
- El uso de AMRs pueden llegar a reducir hasta un 30% el espacio del almacén.
- Obtención de datos con mayor precisión de procesos industriales y comerciales.
- Mejoran la eficiencia de la intralogística.
- Permiten que los operarios se dediquen a trabajos que aporten más valor al proceso.
- Optimizan las producciones y mejoran la competitividad de las empresas.

La principal ventaja que ha resultado ser la característica diferenciadora para la elección de los robots AMR, frente a los AGV, es la capacidad de reacción autónoma que tienen los primeros al encontrarse con un obstáculo, evitándolo y continuando su recorrido. Por el



contrario, el AGV se pararía y no reiniciaría su ruta hasta que se haya despejado el camino [2]. Debido a esto, se ha decidido elegir los robots AMR ya que son mucho más eficientes. Un robot AMR se trata de un robot móvil autónomo que ha sido diseñado para automatizar el traslado de material de un punto de recogida a otro de entrega. Tiene como objetivo aumentar la productividad de la empresa, delegando en ellos los trabajos rutinarios y repetitivos que no aportan valor productivo [2]. Otro de los motivos destacables para la elección de este tipo de robots es el hecho de que disponen de una interfaz prediseñada que ayuda a la configuración de rutas y comportamientos del robot de una manera simple, haciendo que incluso la puesta en marcha se pueda dar con un manual y un software sin asistencia profesional continua [1].

#### *5.4.2.1.1. Tipos de robot AMR*

En [2] se muestra que sus aplicaciones más habituales son:

- Soporte para transporte de paquetes para el comercio electrónico con cinta transportadora incorporada.
- Plataformas móviles de transporte de estanterías y contenedores.
- Carretilla elevadora.
- Paletizado para transporte de pallets y jaulas.

Por sus características, el robot además de poder transportar un determinado número de cajas hacia la zona de almacenamiento de forma autónoma también es capaz de entregar estas cajas a otro robot que se encargue de apilarlas en el almacén.

Los robots AMR incorporan cámaras, escáneres láser y sensores anticolidión que les permiten detectar lo que hay a su alrededor. Un software de control de flota es el encargado de controlar los dispositivos y seleccionar las rutas más eficientes para que los robots realicen el transporte de pallets. Está controlado por inteligencia artificial, lo que le permite tomar decisiones en base a la experiencia de los resultados. Algunos modelos utilizan mapeo simultáneo o inteligencia de enjambre, es decir, intercambian datos entre dispositivos para optimizar las rutas de navegación. Si antes de llegar al destino se encuentra en su camino con algún objeto, maquinaria, persona... Lo detecta y realiza una

maniobra para esquivarlos y continuar a través de una ruta alternativa. Es lo que se define como navegación inteligente [2].

Para esta propuesta se debe disponer de dos grupos de robots, uno dedicado exclusivamente al transporte de cajas sucias hacia a zona de lavado, y otro para que transporte las cajas ya limpias a la zona de almacenamiento, con el fin de evitar la contaminación de las cajas limpias con algún robot que haya transportado cajas sucias.



*Figura 5.12 Ejemplo de robot autónomo marca Hikrobot.*

#### **5.4.2.2. Propuesta 2**

Esta propuesta se basa en el uso de cintas transportadoras y un transelevador de pallets, combinado con una serie de sensores y todo ello controlado con un PLC para automatizar el sistema de almacenamiento de pallets. Tras acabar el proceso de limpieza de las cajas, una cinta transportadora llevaría los pallets hasta el transelevador, que se encargaría de almacenarlos en los huecos vacíos del almacén. También dispondría de un sistema de entrega de pallets vacíos a los transportistas. Presionando un botón se activa el transelevador, localiza un pallet con cajas limpias en el almacén, lo recoge y lo entrega a través de una cinta transportadora.

##### *5.4.2.2.1. Principales componentes*

- **Sensores:** los sensores empleados como periféricos en domótica e inmótica incluyen tipos simples como los interruptores de fin de carrera y tan sofisticados como los sistemas de visión. También se utilizan como componentes integrales del sistema de control en la realimentación de posiciones del transelevador. Se dividen en las siguientes categorías:
  - *Sensores táctiles:* responden a fuerzas de contacto con otro objeto. Pueden ser capaces de medir la fuerza aplicada.

- *Sensores de proximidad*: indican la proximidad de un objeto antes de que se produzca el contacto. Cuando pueden determinar la distancia entre los dos objetos, se les denomina *sensores de alcance*.
- *Sensores de visión*: capaces de visualizar el volumen de trabajo e interpretar los datos que reciben de las imágenes. Suelen emplearse en tareas de inspección, reconocimiento de piezas...
- **Transelevador**: se trata de un equipo mecánico que sirve para transportar cargas y elevarlas hasta la altura requerida en el almacén [3]. Puede trabajar en pasillos estrechos y ascender a grandes alturas, permitiendo aprovechar mejor el espacio de almacenamiento. Realizan movimientos longitudinales y de elevación, tanto de forma automatizada, como con un operador que se desplaza junto a la carga. Como podemos observar en [4], están formados principalmente por los siguientes elementos:
  - *Cuna de elevación*: estructura móvil de elevación que se encarga de transportar la carga en sentido vertical y llevar a cabo los ciclos de recogida y depósito de pallets mediante unos dientes extensibles instalados en la misma.
  - *Accionamiento de elevación*: mecanismo encargado de impulsar la estructura anterior en su movimiento vertical. Está compuesto por un motor de corriente alterna, un encoder, un reductor de engranajes, tambores y cables de elevación.
  - *Armarios de almacenamiento*: pueden ser eléctricos y disponer de sistema de comunicación para obtener información de los elementos almacenados, aunque en este caso no sería necesario, ya que esa información quedará reflejada en el programa de control.
  - *Columnas*: se tratan de unas chapas de acero con carriles verticales atornillados para el guiado de la cuna de elevación y una placa de acero soldada en la base de esta. Puede disponer de una cabina de mandos ubicada bajo la plataforma del grupo de elevación para su control manual.
  - *Testero inferior*: es una estructura en forma de cajón que incorpora la rueda motriz y rueda libre. El sistema de guiado en sentido longitudinal se lleva a

cabo mediante ruedas de contraste ubicadas a ambos lados del raíl de rodadura.

- *Testero superior*: formado por placas soldadas que sirven de soporte para las ruedas horizontales de guía sobre el carril superior. Estas ruedas están recubiertas con un material preparado para amortiguar el ruido que pudiera derivarse del funcionamiento del transelevador a alta velocidad.
- *Equipo de pasillo*: permite el desplazamiento longitudinal del transelevador a lo largo del pasillo y se compone de un carril inferior, un carril guía superior, elementos de seguridad, alimentación eléctrica, transmisión de datos y sistemas de medida de posición.
- *Horquilla telescópica de simple, doble o triple profundidad*: mecanismo de manipulación horizontal que permite extraer o depositar unidades de carga en estanterías. Cuanto más simple sea, más se prioriza la rapidez respecto a la capacidad de carga.
- **PLC (Programmable Logic Controller)**: se trata de una computadora industrial usada para la automatización de procesos cuya finalidad es que las máquinas desarrollen con efectividad las tareas que les son encomendadas [5].

La arquitectura típica de un controlador lógico programable se puede dividir en varios bloques:

- *Fuente de alimentación*: por norma general funcionan internamente a 5V de corriente continua.
- *Unidad central de proceso (CPU)*: se trata del cerebro del PLC. Está compuesta por un microprocesador, una unidad de memoria, una unidad aritmético-lógica y todos los circuitos necesarios para conectar todos estos componentes y permitir a su vez la conexión de la CPU con el resto de módulos del PLC.
- *Bastidor*: es un soporte, por lo general metálico, sobre el que se montan todos los módulos que componen el PLC.
- *Módulos de E/S digitales*: este tipo de módulos permite al PLC leer variables digitales todo o nada (1 o 0) del proceso y enviar órdenes del mismo tipo hacia los distintos actuadores del mismo.

- *Módulos de E/S analógicas*: estos módulos incorporan internamente un conversor analógico digital (A/D) o digital analógico (D/A). En el caso de las entradas analógicas, el convertidor A/D convierte, en cada ciclo de programa, una magnitud física del proceso, a una variable digital de varios bits (típicamente 16) que será almacenada en la memoria de entradas analógicas del PLC para su posterior uso desde el programa de control. En el caso de las salidas digitales, el proceso es el inverso.

El funcionamiento del PLC se basa en procesos periódicos y de sucesión. Cuando está activado, el programa de control se ejecuta de manera indefinida hasta que, o bien el PLC pasa al modo Stop, o bien se desconecta de la alimentación. Esto se denomina “Ciclo de Scan”. A continuación, se explica este ciclo:

- *Lectura de las entradas del PLC*: desde este momento, el PLC trabajará con una imagen en memoria de las entradas leídas en ese primer instante, por lo tanto, si durante los siguientes pasos hay una variación del estado de las entradas, esas variaciones no se detectarían hasta que se reinicie el ciclo.
- *Ejecución del programa de control*: lo hará secuencialmente, comenzando por la primera instrucción del módulo de programa considerado el principal. Cabe destacar que la ejecución secuencial no implica ejecución lineal, es decir, que un programa puede contener instrucciones especiales que permitan hacer saltos hacia delante y hacia atrás, e incluso es posible que haya subrutinas e interrupciones. La secuencia terminará con una última instrucción que, tras ser ejecutada, pondrá fin a este paso del ciclo de Scan.
- *Escritura de las salidas del PLC*: cuando el sistema operativo del PLC detecta que se ha ejecutado la última instrucción del programa de control, éste comienza a revisar una por una todas las posiciones de su memoria de salidas actualizándolas con los nuevos resultados.
- *Tareas internas del PLC*: antes de comenzar un nuevo ciclo de Scan, el PLC requiere realizar ciertas tareas internas, como comprobar si se han producido errores, almacenar la duración del ciclo de Scan, actualizar valores internos de sus tablas de datos... Una vez terminada esta fase, el PLC comenzará a ejecutar un nuevo ciclo.

### 5.4.2.3. Propuesta 3.

Esta última propuesta de mejora consiste en diseñar un sistema de sacrificio para las aves. Tendrá la función de corte automático de las cabezas de las aves que se encuentran colgadas en los grilletes del transportador, previo aturdimiento eléctrico. El diseño y funcionamiento sería el siguiente:

- Disponemos de un cabezal de corte, diseñado en acero inoxidable especial para herramientas, como pueden ser los de la serie 300 (AISI 304, AISI316...) para evitar la corrosión producida por los ácidos. Las cuchillas de corte también están fabricadas con este material, proporcionando una alta resistencia a la corrosión y al desgaste, características adecuadas para entornos húmedos o corrosivos. Los cortes se realizan mediante cuchillas giratorias con una profundidad de corte controlada manualmente. La altura de la hoja y su posición respecto al ave que se encuentra colgada en los grilletes se controlan mediante un cilindro hidráulico.
- Guías especiales de acero inoxidable, que aseguran la correcta colocación de la cabeza respecto a las cuchillas.

La desventaja de esta opción es que, como las aves que entran en el sistema están vivas, y tienen distintos tamaños, se requiere una atención constante al proceso por parte de un operario, por lo que no sería una implementación completamente autónoma.



Figura 5.13 Ejemplo de sistema de sacrificio automático [6].

### 5.4.3. Elección de propuesta de implementación y materiales utilizados.


La implementación finalmente elegida se trata de la propuesta 2, ya que permitiría optimizar costos y tiempo en el proceso de almacenamiento de pallets. Este sistema de almacenamiento cuenta con los siguientes elementos:

- Cintas transportadoras de rodillos.
- Transelevador completo.
- Estanterías de almacenamiento.
- PLC Siemens S7-1200.
- Sensores fotoeléctricos difusos.
- Sensores fotoeléctricos reflectivos.
- Sensores de cercanía capacitivos.

Y, además, está dividido en tres componentes principales:

- La parte mecánica, que es la que se puede apreciar a simple vista. El correcto diseño de este componente es importante para la precisión, velocidad y carga útil.
- La parte electrónica, encargada de que el sistema de control dirija todos los componentes mecánicos y obtenga información del entorno a través de los distintos sensores.
- La parte informática, que convierte al robot en “inteligente” a través de la colaboración con su entorno y con el usuario del sistema.

En la siguiente tabla se puede apreciar un resumen de los elementos utilizados basándose en el programa *Factory I/O*:

Componente	Configuración	Etiqueta	E/S	Tipo	Descripción
	Numérica	Posicionador TE	S	Ent	Desplazar cuna a la celda seleccionada
		Dientes izquierda	S	Bool	Mover los dientes hacia la izquierda
		Dientes derecha	S	Bool	Mover los dientes hacia la derecha
		Dientes subir	S	Bool	Mover los dientes hacia arriba

Componente	Configuración	Etiqueta	E/S	Tipo	Descripción
		Sen movimiento X en TE	E	Bool	Moviéndose a lo largo del eje X
		Sen movimiento Z en TE	E	Bool	Moviéndose a lo largo del eje Z
		Lim dientes izq	E	Bool	Dientes completamente extendidos a la izquierda
		Lim dientes der	E	Bool	Dientes completamente extendidos a la derecha
		Lim dientes cen	E	Bool	Dientes completamente en el centro
	Digital	Cinta entrada	S	Bool	Desplazamiento de los rodillos en la dirección de la flecha
		Cinta salida	S	Bool	
	Digital	Transportador carga entrada	S	Bool	Desplazamiento de los rodillos en la dirección de la flecha
		Transportador carga salida	S	Bool	
	Digital	Sen carga TE	E	Bool	Detectar cualquier objeto sólido
		Sen carga salida			
	Digital	Sen entrada TE	E	Bool	Detectar rayo de luz interrumpido
		Sen presencia salida	E	Bool	
	Digital	Sen presencia entrada	E	Bool	Detección cercana de cualquier material
		Sen pos inicial cuna			
	Digital	Boton start rec	E	Bool	Iniciar salida del almacén de un pallet

Tabla 5.1 Listado de entradas y salidas del sistema de almacenamiento.



## 5.5 RESULTADOS.

### 5.5.1. Programación del código para PLC.

A continuación, se describe el proceso de construcción y programación del sistema de almacenamiento usando el PLC Siemens S7-1200. En este caso utilizaremos la CPU 1215C AC/DC/Rly, con referencia 6ES7 215-1BG40-0XB0, que es el PLC del que disponemos en el laboratorio F4 de la Escuela de Ingenierías de la Universidad de León.

Inicialmente se muestran las características relevantes de este PLC:

- 14 entradas digitales, de las cuales 6 son HSC (High Speed Counting).
- 10 salidas digitales.
- 2 entradas analógicas.

La CPU de este dispositivo combina los siguientes elementos:

- Microprocesador.
- Fuente de alimentación integrada.
- Circuitos de entrada y salida.
- PROFINET incorporado.
- E/S de Motion Control rápidas.

Una vez compilado y cargado el programa en la CPU, esta contendrá la programación lógica necesaria para el control de todos los dispositivos involucrados en el proceso.

El código de programación se realiza haciendo uso del software de Siemens llamado *TIA Portal* (en este caso se utilizará la versión 16). Este software ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar el proceso, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores y dispositivos HMI (Human-Machine Interface).

*TIA Portal V16* nos permite el uso de distintos lenguajes de programación estándar, que posibilita el desarrollo del programa de control de forma cómoda y eficiente. Dispone de los siguientes lenguajes:

- KOP (esquema de contactos): se trata de un lenguaje de programación gráfico. Su representación es similar a los esquemas de circuitos. Será el lenguaje utilizado en este proyecto.
- FUP (diagrama de funciones): es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra booleana.
- SCL (Structured Control Language): es un lenguaje de programación de alto nivel basado en texto.

Otra ventaja del software TIA Portal es que es posible enlazarlo con el software Factory I/O, que permite simular áreas de producción automatizadas en 3D. Este programa también incluye escenas inspiradas en aplicaciones industriales típicas, lo cual facilita el diseño y la estructuración correspondiente. El escenario diseñado para realizar el proceso de almacenamiento de pallets se muestra en la figura 5.14, donde se pueden apreciar los distintos componentes que conforman el sistema.



*Figura 5.14 Sistema automático encargado del paletizado.*

El código de programación realizado para la automatización del proceso de paletizado se describe a continuación.

Una vez abierto el software TIA Portal V16 se crea un nuevo proyecto, véase figura 5.15.

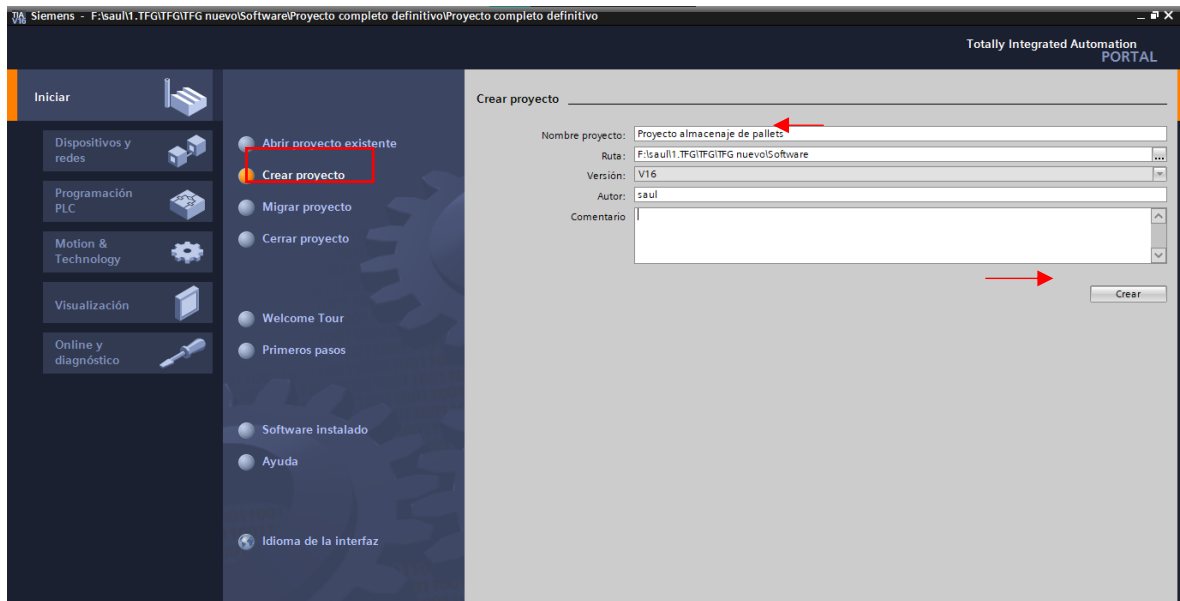


Figura 5.15 Crear proyecto en TIA Portal V16.

Una vez creado el proyecto, se realiza la correspondiente configuración del dispositivo, seleccionando la referencia del PLC a utilizar. Como se ha señalado anteriormente, el PLC utilizado es el SIMATIC S7-1200 con CPU 1215C AC/DC/Rly y referencia 6ES7 215-1BG40-0XB0. Véase la figura 5.16.

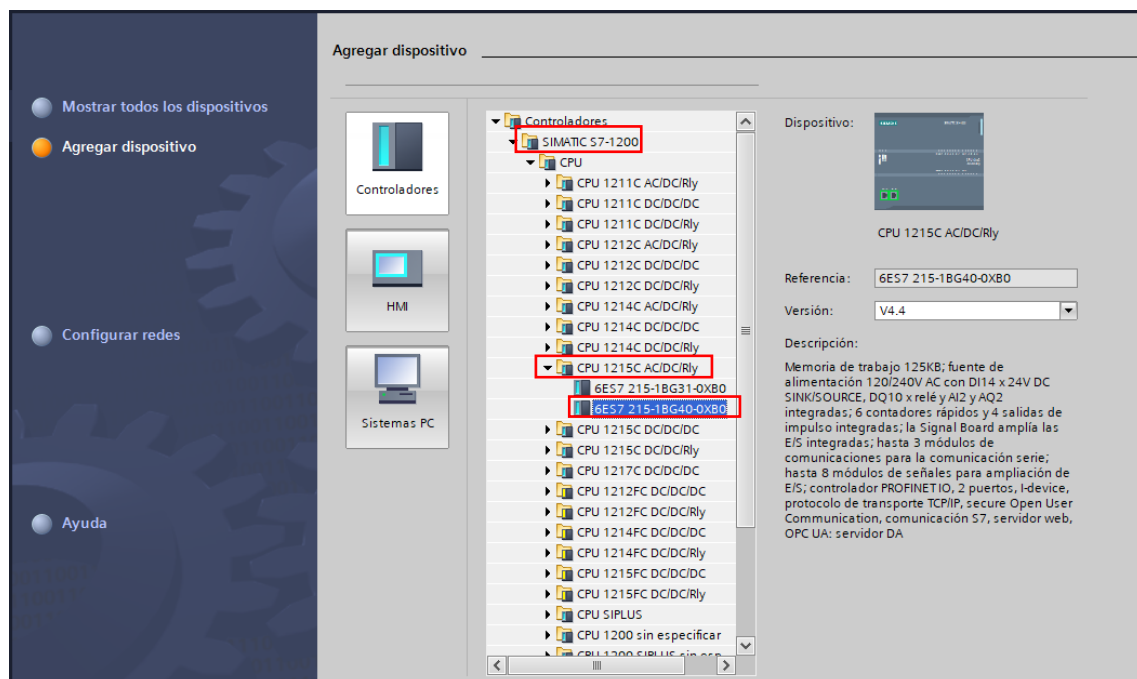


Figura 5.16 Selección controlador PLC.

Una vez seleccionado y agregado el PLC deseado, este se mostrará en la vista general del programa, como se observa en la figura 5.17.

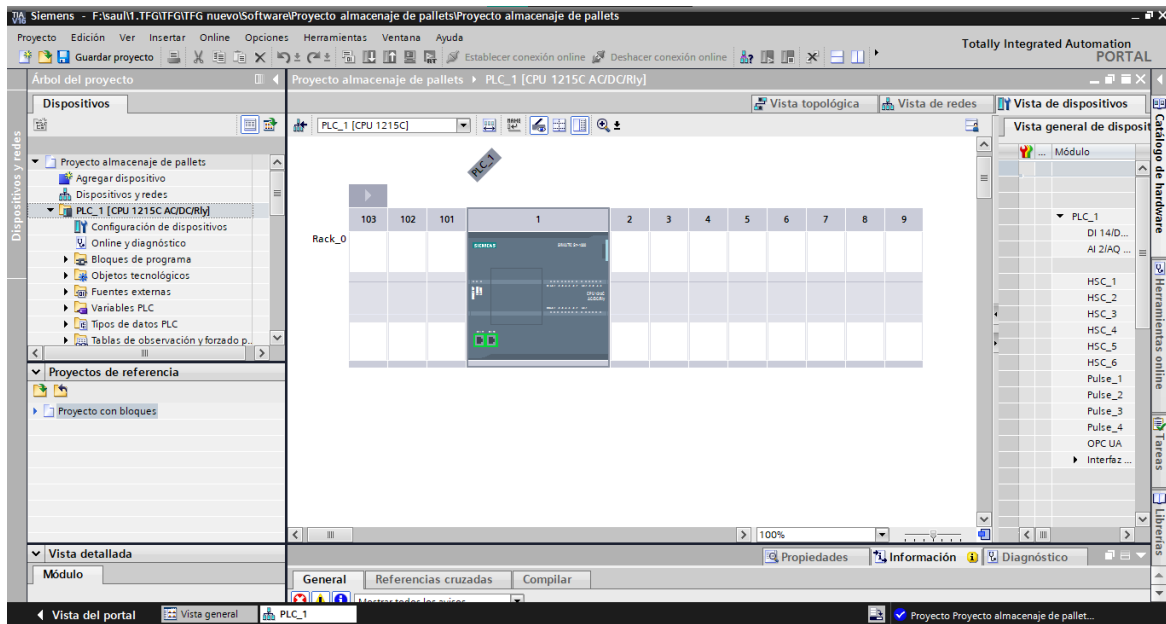


Figura 5.17 Vista general del dispositivo.

A continuación, se crea por defecto un bloque de organización principal, donde se dispondrá de la programación realizada para todo el proceso de paletización. Sin embargo, más adelante se crearán bloques de funciones, que permitirá la optimización del código realizado en el bloque principal. Este se encargará de hacer la llamada al resto de bloques a lo largo del programa. Véase figura 5.18.

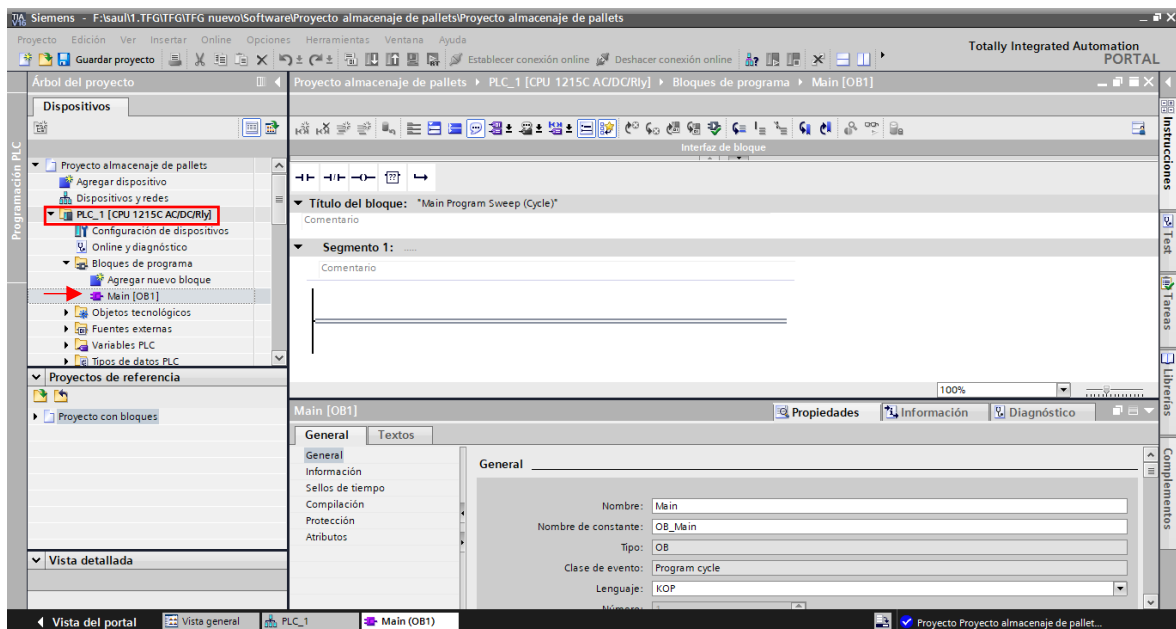


Figura 5.18 Bloque de organización principal.

Inicialmente se deben describir las variables de entrada y salida que se usarán en el proceso. Esto se realiza en base a la distribución física del PLC, la cual se puede observar en

el software donde se desarrolla el proceso de simulación de paletizado. Es decir, que la distribución física que tendrán en la tarjeta del PLC las señales de sensores y actuadores en el proceso de paletizado es la que se puede observar en la figura 5.19, captura perteneciente al software Factory I/O.

SENSORES		ACTUADORES	
FACTORY I/O (Paused)	Sensor presencia entrada	%I0.0	Cinta entrada
FACTORY I/O (Reset)	Sensor entrada TE	%I0.1	Transportador carga entrada
FACTORY I/O (Running)	Sensor carga TE	%I0.2	Dientes izquierda
FACTORY I/O (Time Scale)	Lim dien izq	%I0.3	Dientes subir
Lim dien cen	Lim dien der	%I0.4	Dientes derecha
Lim dien der	Lim dien cen	%I0.5	Cinta salida
Lim dien izq	Sensor movimiento X en TE	%I0.6	Transportador carga salida
Luz boton reset recogida	Sensor movimiento Z en TE	%I0.7	
Luz boton start recogida	Sen pos inicial cuna	%I1.0	
Luz boton stop recogida	Luz boton start recogida	%I1.1	
Sen carga salida	Sen presencia salida	%I1.2	(NT) %QW30
Sen pos inicial cuna	Sen carga salida	%I1.3	Posicionador TE
Sen presencia salida		%I1.4	
Sensor carga TE		%I1.5	
Sensor entrada TE			
Sensor movimiento X en TE			
Sensor movimiento Z en TE			
Sensor presencia entrada			

Figura 5.19 Distribución física de entradas y salidas.

La programación se desarrolla en segmentos o etapas, donde cada una de ellas corresponde a un subproceso del paletizado. El proceso inicia cuando un pallet ya limpio se posiciona en la banda transportadora de rodillos. En la figura 5.20 se puede observar una flecha de color verde, que representa la posición donde debe colocarse un pallet para iniciar el proceso.



Figura 5.20 Posición inicial del pallet.

Como se ha comentado anteriormente, el lenguaje elegido para la programación del PLC es el lenguaje de contactos o KOP. En él se utilizan distintas variables de entrada y salida

con las mismas direcciones asignadas anteriormente en Factory I/O, con el objetivo de que la comunicación de este con TIA Portal V16 se realice satisfactoriamente. También se utilizarán marcas para el correcto funcionamiento del código. Véanse figuras 5.21, 5.22 y 5.23.

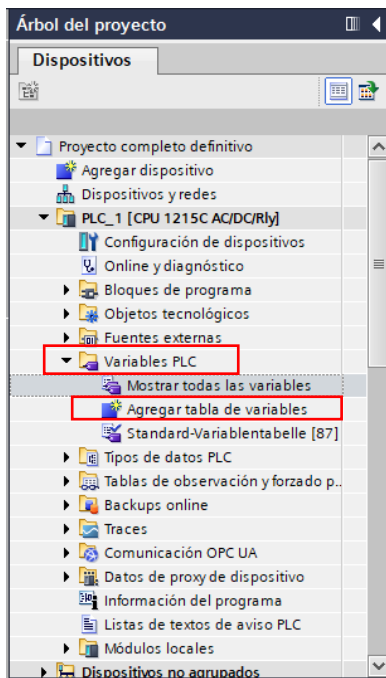


Figura 5.21 Configuración de entradas y salidas TIA Portal.

Standard-Variablen-tabelle										Standard-Variablen-tabelle									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibil...		Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibil...				
1	Sen presencia entrada	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	26	ETAPA 9	Bool	%M101.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
2	Sen entrada TE	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	27	ETAPA 10	Bool	%M101.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
3	Sen carga TE	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	28	ETAPA 11	Bool	%M101.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
4	Lim dien izq	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	29	ETAPA 12	Bool	%M101.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
5	Lim dien der	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	30	ETAPA 13	Bool	%M101.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
6	Lim dien cen	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	31	Activar recoger pallet	Bool	%M1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
7	Sen movimiento X en TE	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	32	Activar almacenar pallet	Bool	%M1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
8	Sen movimiento Z en TE	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	33	ETAPA 14	Bool	%M101.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
9	Boton start rec	Bool	%I1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	34	Sen pos inicial cuna	Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
10	Cinta entrada	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	35	Cont espacio libre	Int	%MM200		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
11	Transportador carga entrada	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	36	ETAPA 15	Bool	%M101.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
12	Dientes izquierda	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	37	ETAPA 16	Bool	%M102.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
13	Dientes subir	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	38	Activar desalmacenar pallet	Bool	%M1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
14	Dientes derecha	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	39	ETAPA 17	Bool	%M102.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
15	Cinta salida	Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	40	ETAPA 18	Bool	%M102.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
16	Transportador carga salida	Bool	%Q0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	41	ETAPA 19	Bool	%M102.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
17	Posicionador TE	Int	%QW30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	42	ETAPA 20	Bool	%M102.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
18	ETAPA 1	Bool	%M100.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	43	ETAPA 21	Bool	%M102.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
19	ETAPA 2	Bool	%M100.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	44	ETAPA 22	Bool	%M102.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
20	ETAPA 3	Bool	%M100.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	45	Activar salida pallet	Bool	%M1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
21	ETAPA 4	Bool	%M100.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	46	ETAPA 23	Bool	%M102.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
22	ETAPA 5	Bool	%M100.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	47	ETAPA 24	Bool	%M103.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
23	ETAPA 6	Bool	%M100.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	48	ETAPA 25	Bool	%M103.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
24	ETAPA 7	Bool	%M100.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	49	ETAPA 26	Bool	%M103.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
25	ETAPA 8	Bool	%M101.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	50	ETAPA 27	Bool	%M103.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				

Figura 5.22 Entradas y salidas utilizadas (I).

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
51	Sen presencia salida	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
52	ETAPA 28	Bool	%M103.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
53	Sen carga salida	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
54	ETAPA 29	Bool	%M103.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
55	Contador abajo	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.23 Entradas y salidas utilizadas (II).

Una vez que están definidas las variables del sistema, se programa un primer segmento. La programación se realiza a lo largo de una rama donde el flujo de variables se dispone de izquierda a derecha. En primer lugar, se realiza una llamada a la función denominada “MHJ-PLC-Lab-Function-S71200”, el cual se trata de una plantilla descargada desde la página oficial de Factory I/O que se encarga de la conexión entre TIA Portal v16 y el propio Factory I/O. En la figura 5.24 se puede observar el segmento con la llamada a la función y en la figura 5.25 se encuentra la captura de la función.

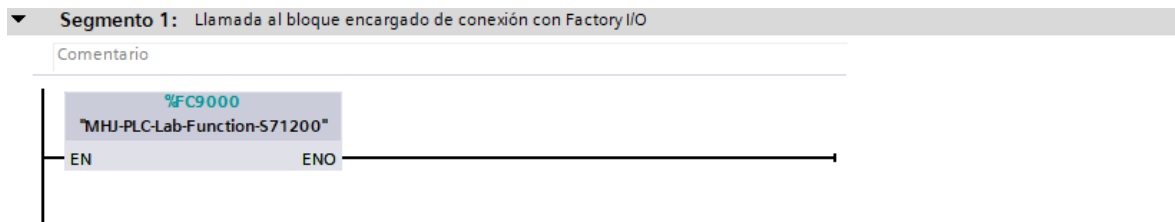


Figura 5.24 Llamada al bloque de conexión con Factory I/O en el bloque principal.

```
Proyecto completo definitivo > PLC_1 [CPU 1215C AC/DC/Rly] > Bloques de programa > MHJ-PLC-Lab-Function-S71200 [FC9000]
Interfaz de bloque
IF... CASE... FOR... WHILE... REGION
OF... TO DG... DO... (*...*)
1
2 [#Value:=PEEK(area := 16#82,
3   dbNumber := 0,
4   byteOffset := 511);
5   #Value := #Value + 1;
6
7 #POKE(area := 16#82,
8   dbNumber := 0,
9   byteOffset := 511,
10  value := #Value);
11
12 #POKE(area:=16#81,
13   dbNumber:=0,
14   byteOffset:=1016,
15   value:=#Value_01_DW);
16 #POKE(area := 16#81,
17   dbNumber := 0,
18   byteOffset := 1020,
19   value := #Value_02_DW);
20
21 #POKE(area := 16#81,
22   dbNumber := 0,
23   byteOffset := 511,
24   value := B#16#00);
25
26 #FOR #forVal := 0 TO 120 DO
27   #FOR #forVal_2:=0 TO 10 DO
28     #rdTimeReturn:=RD_SYS_T(#outputTime);
29     #rdTimeReturn := WR_SYS_T(#outputTime);
30     #rdTimeReturn := RD_SYS_T(#outputTime);
31     #rdTimeReturn := WR_SYS_T(#outputTime);
32   #END_FOR;
33   #SyncVal:= PEEK(area := 16#81,
34     dbNumber := 0,
35     byteOffset := 511);
36   #IF #SyncVal = #CompVal THEN
37     #GOTO M_1;
38   #END_IF;
39 #END_FOR;
40 #RETURN;
41
42 M_1:
43 #POKE(area := 16#81,
44   dbNumber := 0,
45   byteOffset := 511,
46   value := B#16#0);
47
```

Figura 5.25 Bloque de conexión entre TIA Portal y Factory I/O.

Tras esto, se comienza con la inicialización del proceso, donde la variable “Sen presencia entrada” corresponde a un sensor de proximidad capacitivo, con un contacto normalmente abierto, el cual se activa cuando un pallet se sitúa al inicio de la banda de rodillos. Se dispone de otros dos sensores en este segmento, sin los cuales no se puede iniciar el proceso. Uno se trata de otro sensor de proximidad denominado “Sen pos inicial cuna”, con un contacto normalmente abierto, que se activará cuando la cuna del transelevador se encuentra en la posición inicial, y otro que es un sensor fotoeléctrico reflectivo denominado “Sen entrada TE”, con un contacto normalmente cerrado, el cual se mantiene activo siempre que no haya un pallet al final del conjunto de cintas de entrada. Si se



cumplen estas condiciones, se activará un temporizador de dos segundos tras el cual se activará una marca denominada “ETAPA 1” y el conjunto de cintas transportadoras, definidas por las variables de salida “Cinta entrada” y “Transportador carga entrada”. Como se puede observar en la figura 5.26, las tres salidas están dispuestas de forma paralela, de manera que se activen las tres a la vez si se cumplen las condiciones iniciales. Cabe destacar la necesidad de configurar estas tres variables de salida con la opción “SET”, ya que de lo contrario se requeriría mantener activos todos los sensores de entrada para que las cintas transportadoras estén en movimiento, mientras que si se configura con la opción “SET” solamente se requerirá que se activen estos sensores una sola vez. Más tarde, en posteriores segmentos, se utilizarán salidas con la función “RESET” para deshabilitar las variables activadas anteriormente.

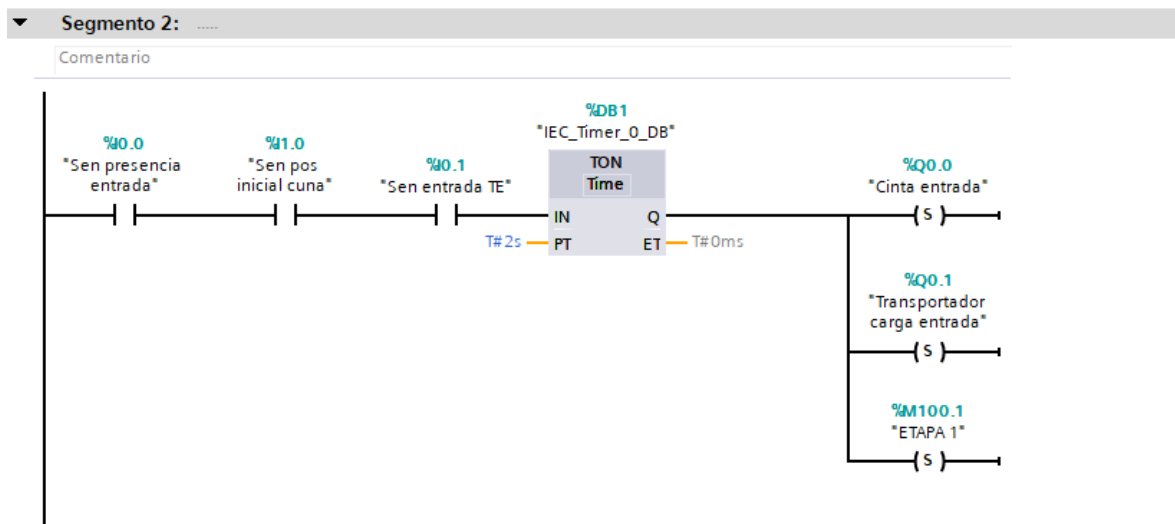
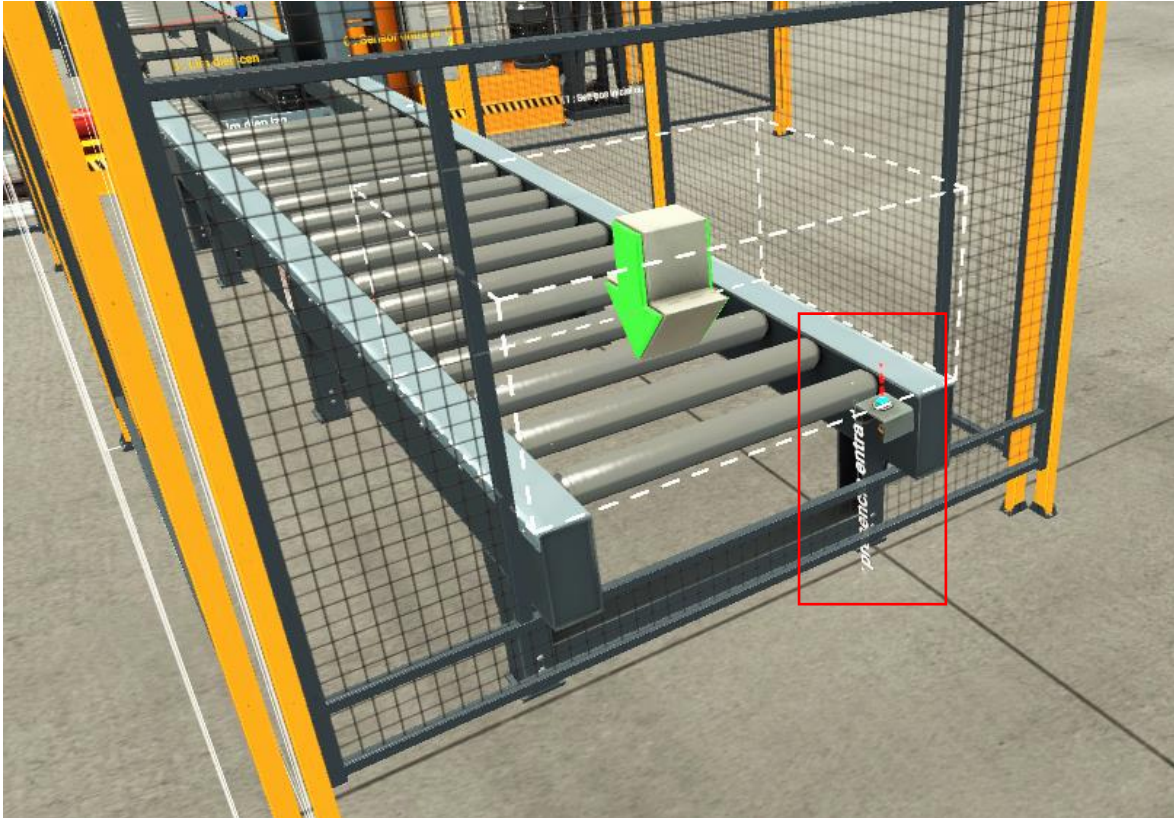
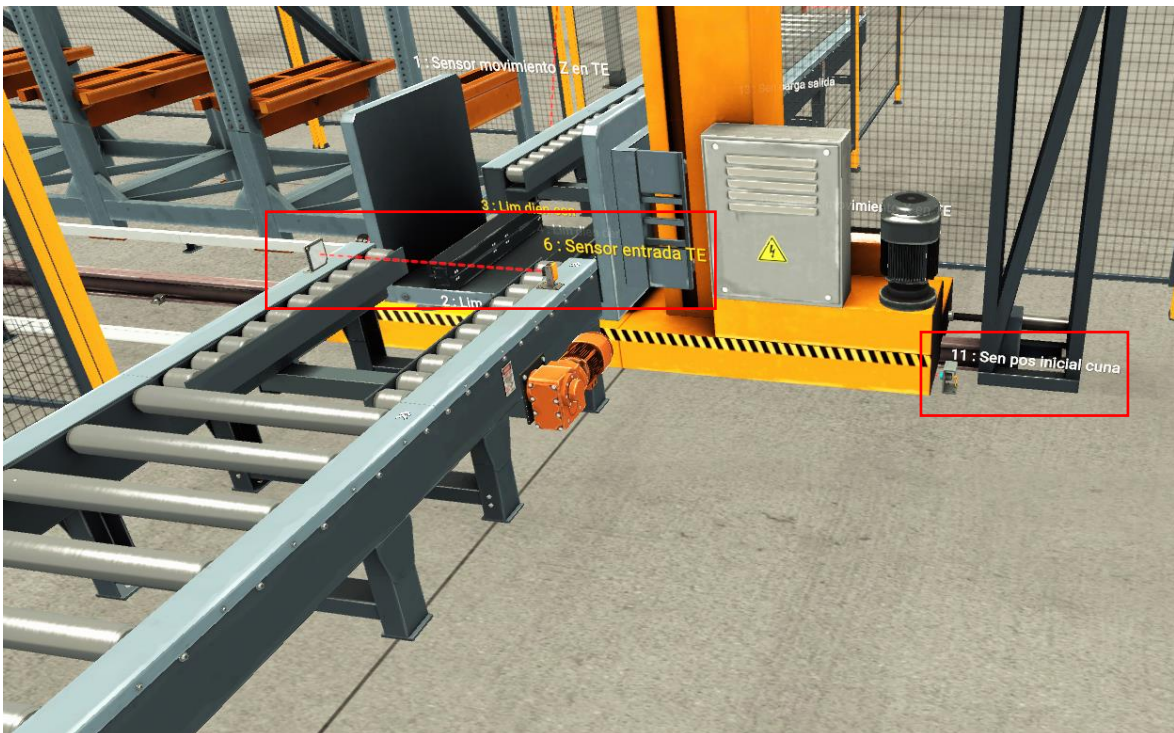


Figura 5.26 Segmento 2 del bloque principal (inicialización del proceso).

En la figura 5.27 se puede observar la localización del sensor capacitivo denominado “Sen presencia entrada”. En la figura 5.28 se puede ver el sensor capacitivo denominado “Sen pos inicial cuna” y el sensor reflectivo que corresponde a la variable “Sen entrada TE”.



*Figura 5.27 Sensor presencia de pallet al inicio del proceso.*



*Figura 5.28 Sensor final de carrera sobre banda transportadora y sensor presencia de cuna en posición inicial.*

Una vez que la variable “ETAPA 1” fue inicializada, se pasa al siguiente subproceso. Obsérvese en la figura 5.29 que al estar activa la “ETAPA 1”, una vez que el pallet llega al final de la banda transportadora y activa el sensor “Sen entrada TE”, se procede a la activación de las variables “ETAPA 2” y “Activar recoger pallet”, y a su vez al reseteo de las variables de la etapa anterior “Cinta entrada”, “Transportador carga entrada” (con el objetivo de detener las cintas transportadoras) y “ETAPA 1”. Hay que destacar que para que se active la variable “Activar recoger pallet” y se resetee “ETAPA 1” deben darse una serie de condiciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema y que no interfieran entre si las distintas etapas del proceso, aquí concretamente la fase de recogida de pallet a la entrada con la posterior de recogida de pallets almacenados.

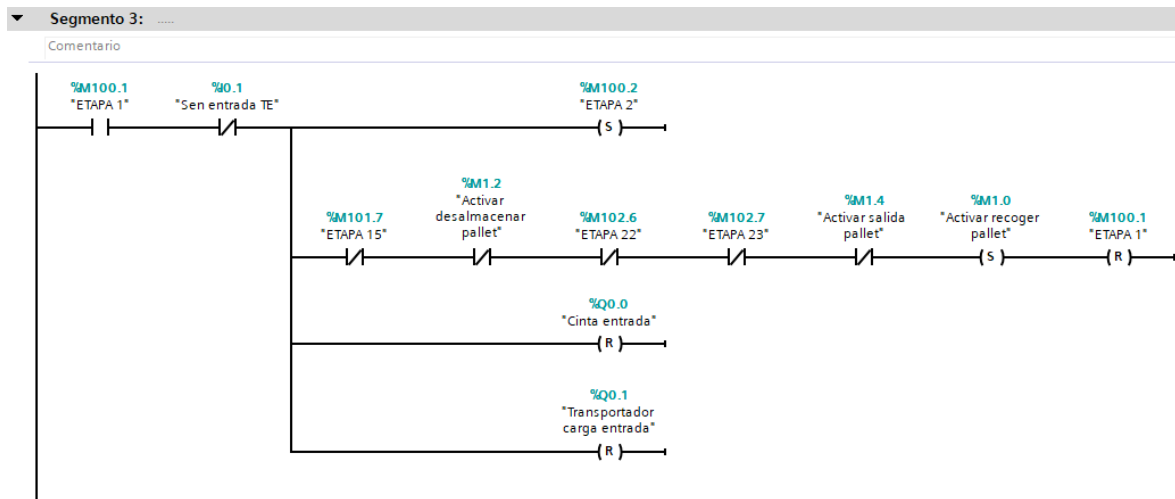


Figura 5.29 Segmento 3 del bloque principal (transporte de pallet sobre la banda).

Para la siguiente etapa es necesario la creación de un bloque de función para la recogida del pallet, lo que permitirá que a partir del bloque principal se realice la llamada a este bloque de función las veces que sean necesarias, optimizando la cantidad de código en el programa. Existen dos opciones de bloques de función, FB y FC. La diferencia entre estas es, principalmente, que un FB tiene la capacidad de almacenar en memoria los valores de sus variables dentro de un bloque de datos de instancia, cosa que una FC no permite ya que solo dispone de variables temporales [7]. En este caso se utilizará un FC ya que no es necesario almacenar los valores de sus variables. Véase figura 5.30.

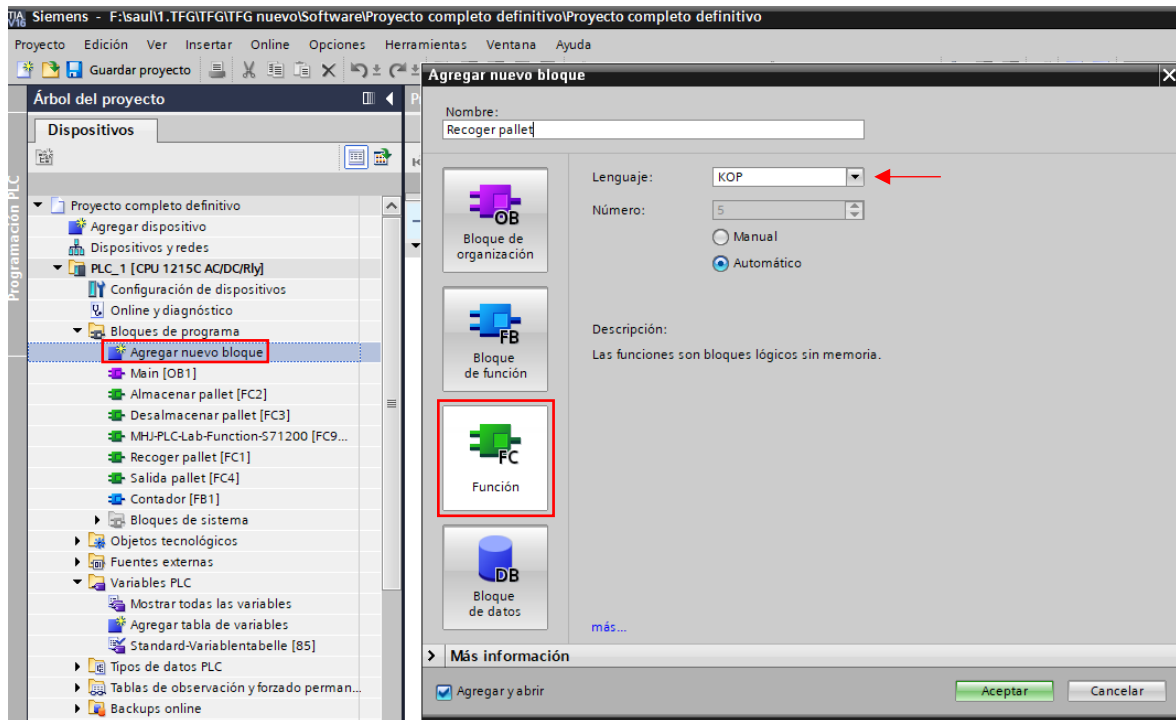


Figura 5.30 Creación del bloque de función para recoger el pallet.

A continuación, como se puede ver en la figura 5.31, se realizará la llamada al bloque de función “Recoger pallet”, siempre que se haya activado la variable “Activar recoger pallet”.

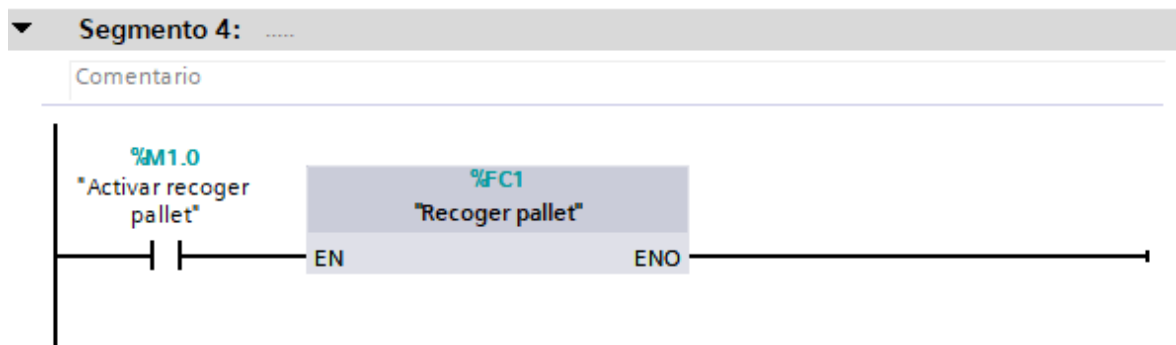


Figura 5.31 Segmento 4 del bloque principal (llamada a la función “Recoger pallet”).

Tras esto se procede a la programación del bloque de función “Recoger pallet”. El transelevador está compuesto por diferentes tipos de variables, entre las que están “Dientes izquierda”, “Dientes subir” y “Dientes derecha” que corresponden a las distintas posiciones que pueden tener los dientes presentes en la cuna del transelevador; “Lim dien izq”, “Lim dien der” y “Lim dien cen” los cuáles son sensores de final de carrera que nos indican la posición en la que se encuentran los dientes del transelevador.

Cuando el pallet llega al final de la cinta transportadora y se ha activado la función “Recoger pallet”, la variable “ETAPA 2”, y la cuna se encuentra en la posición inicial manteniendo

activo "Sen pos inicial cuna", se activan las variables "Dientes izquierda", "ETAPA 3" a la vez que se resetea "ETAPA 2". Esto hará que los dientes del transelevador se desplacen hacia la izquierda, quedando debajo del pallet en la posición adecuada para sujetar posteriormente el pallet. Véase figura 5.32 donde se ven los dientes desplazados hacia la izquierda. En la figura 5.33 se puede ver el segmento de programación de esta fase.

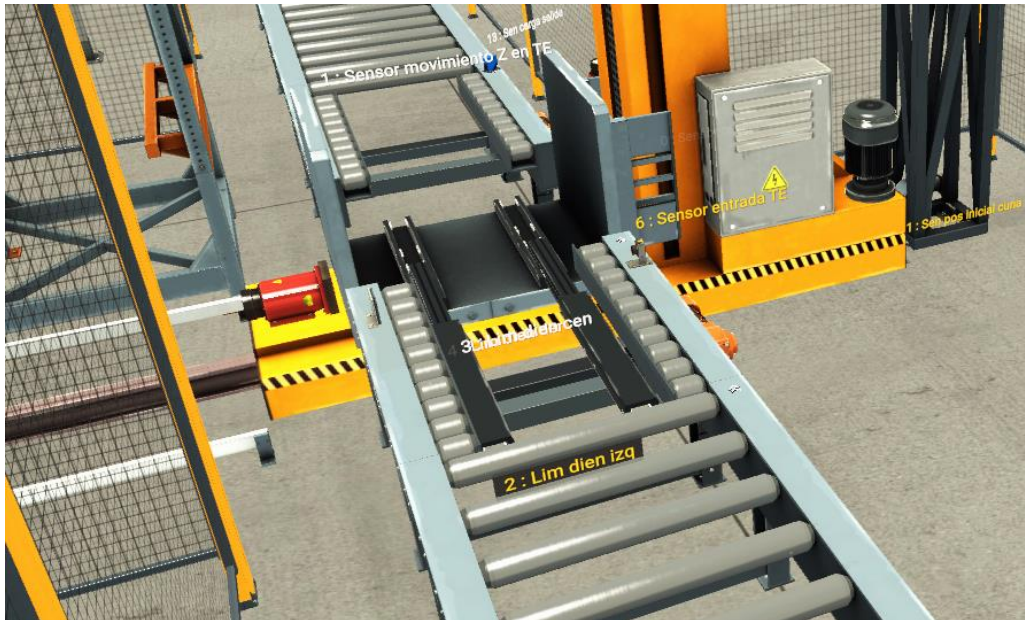


Figura 5.32 Repartidor, dientes en posición izquierda y final de carrera del repartidor.

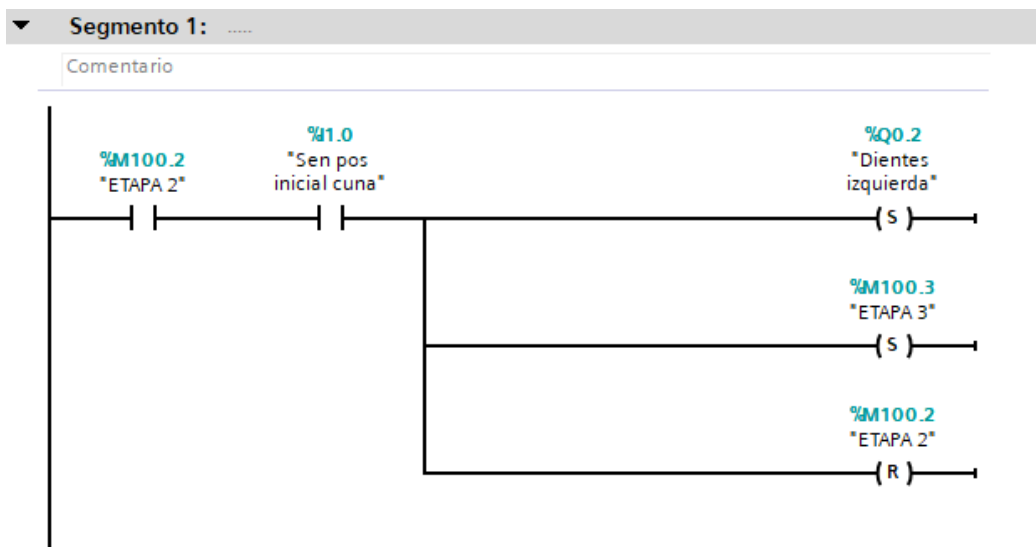


Figura 5.33 Segmento 1 de "Recoger pallet" (despliegue dientes hacia la izquierda).

La siguiente etapa consiste en elevar el pallet con los dientes del transportador. Para esto es necesario que se haya activado la variable "ETAPA 3" y a su vez se haya activado el sensor de final de carrera de los dientes "Lim dien izq", de manera que estos se encuentren debajo

del pallet. Una vez en posición, el pallet es elevado a una pequeña altura de la banda transportadora al activarse la variable “Dientes subir”. De igual manera se activa la variable “ETAPA 4” y la “ETAPA 3” es reseteada. Obsérvese la figura 5.34.

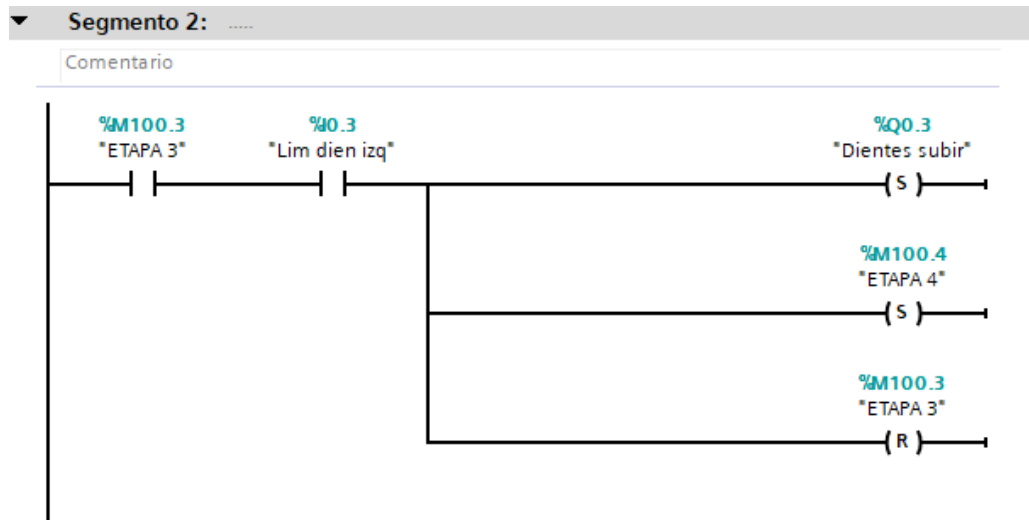


Figura 5.34 Segmento 2 de “Recoger pallet” (elevación del repartidor).

La posición del transportador que describe la programación del segmento 2 se muestra en la figura 5.35. También se puede observar el sensor difuso “Sensor carga TE”, con contacto normalmente abierto que se utilizará en el futuro.

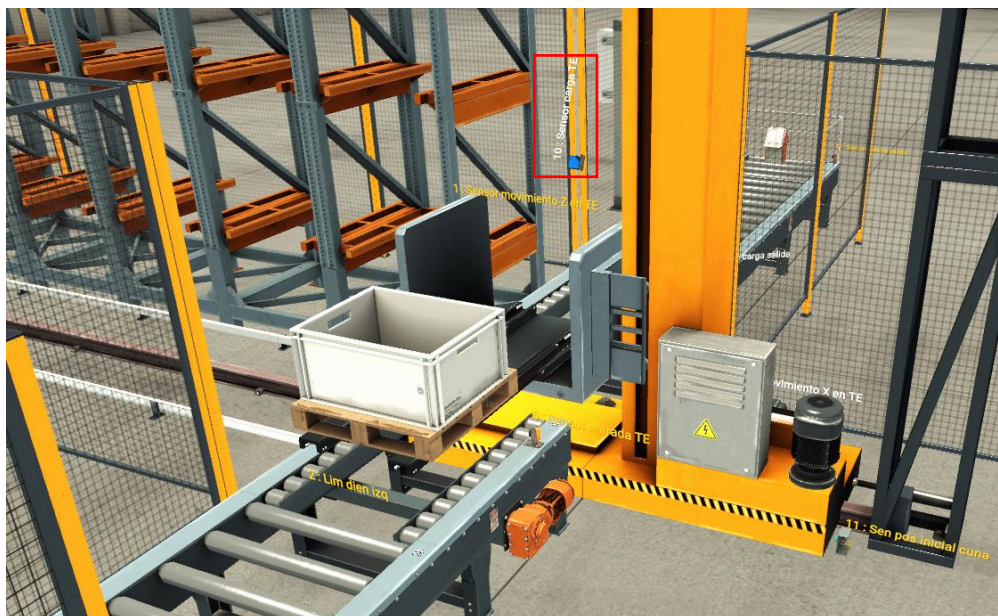


Figura 5.35 Posición del transportador que describe la programación del segmento 2.

Nótese en la figura 5.35 que los dientes han elevado el pallet desde la banda transportadora hasta una altura segura en la que el pallet, durante el transporte, no podrá colisionar con otros elementos. Para evitar que el pallet tenga algún tipo de balanceo

cuando es elevado se establece una pausa. Se utiliza un bloque de temporización que permite detener el proceso por un tiempo especificado, en este caso serán dos segundos. Para configurar este tiempo, una vez incluido el bloque de temporizador, se hace doble clic sobre el parámetro “PT”, e introducimos “2s”. Véanse figuras 5.36 y 5.37.

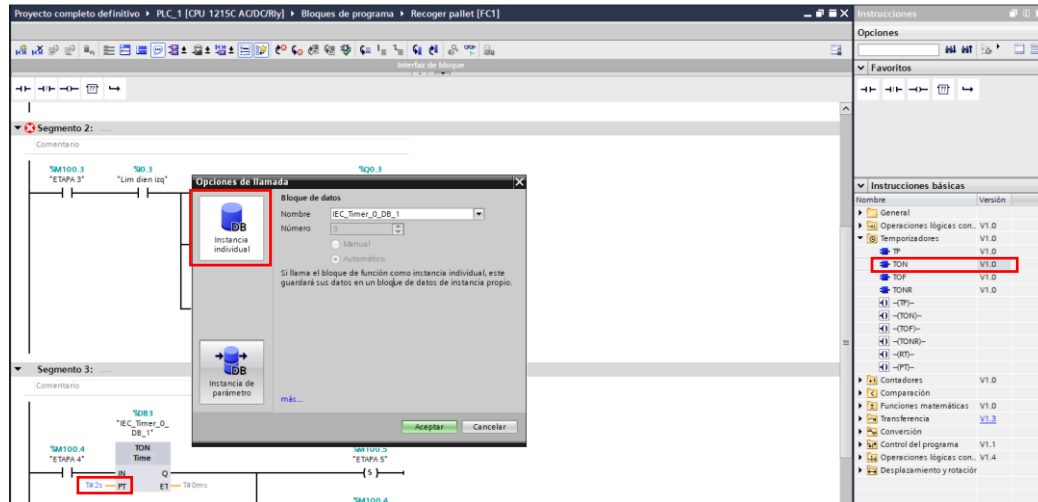


Figura 5.36 Configuración del temporizador.

En la programación de la figura 5.37 se puede observar que, tras la pausa de dos segundos, se resetean las variables “Dientes izquierda” y “ETAPA 4” y se activa “ETAPA 5”. Esto tendrá como resultado que los dientes se repliegan y pasemos a la siguiente fase reseteando las etapas anteriores.

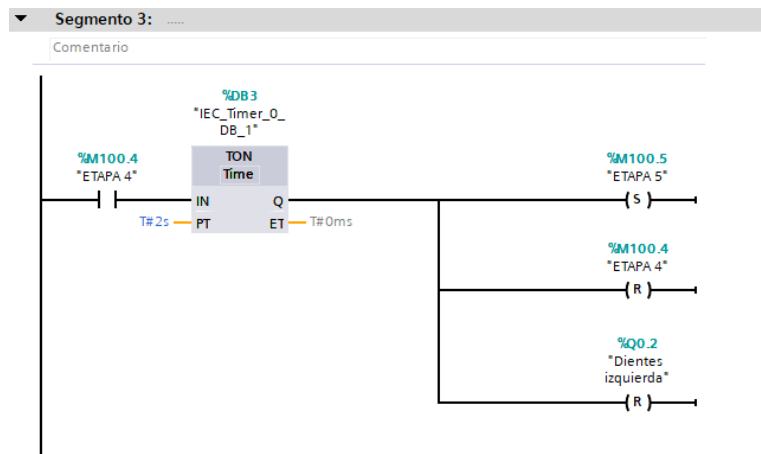


Figura 5.37 Segmento 2 de “Recoger pallet” (repliegue de dientes).

En la figura 5.38 se observa la posición del transportador que describe la programación de la figura anterior.

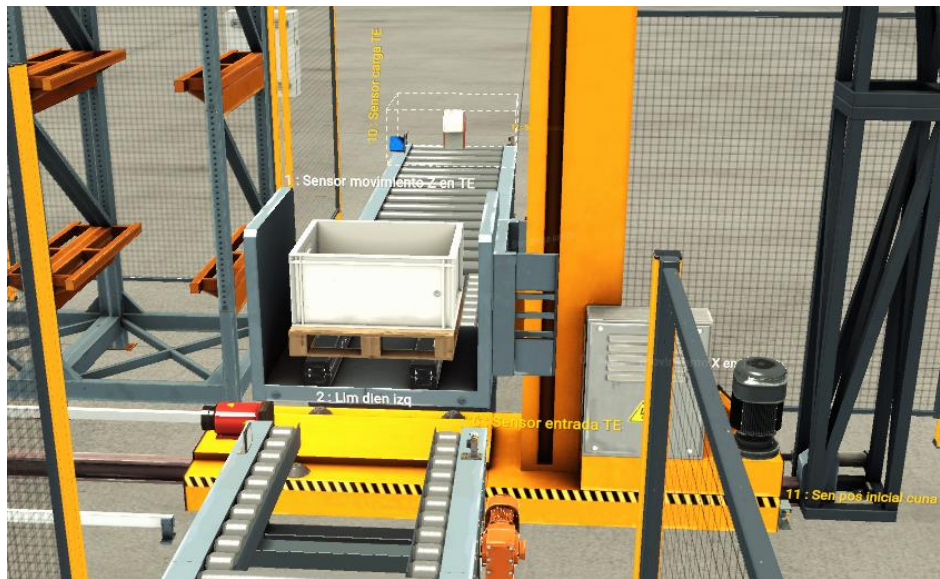


Figura 5.38 Transportador en posición para ubicar el pallet en el almacén.

Una vez que se activa el sensor “Lim dien cen”, si están habilitadas la “ETAPA 5” y la variable “Dientes subir”, llegamos al final de la función “Recoger pallet”, y se resetean las variables “Dientes subir”, “ETAPA 5” y “Activar recoger pallet”, mientras que se activa “ETAPA 6”. Esto provocará que la cuna baje a su posición inicial, y el pallet quede listo para almacenar. Véase figura 5.39.

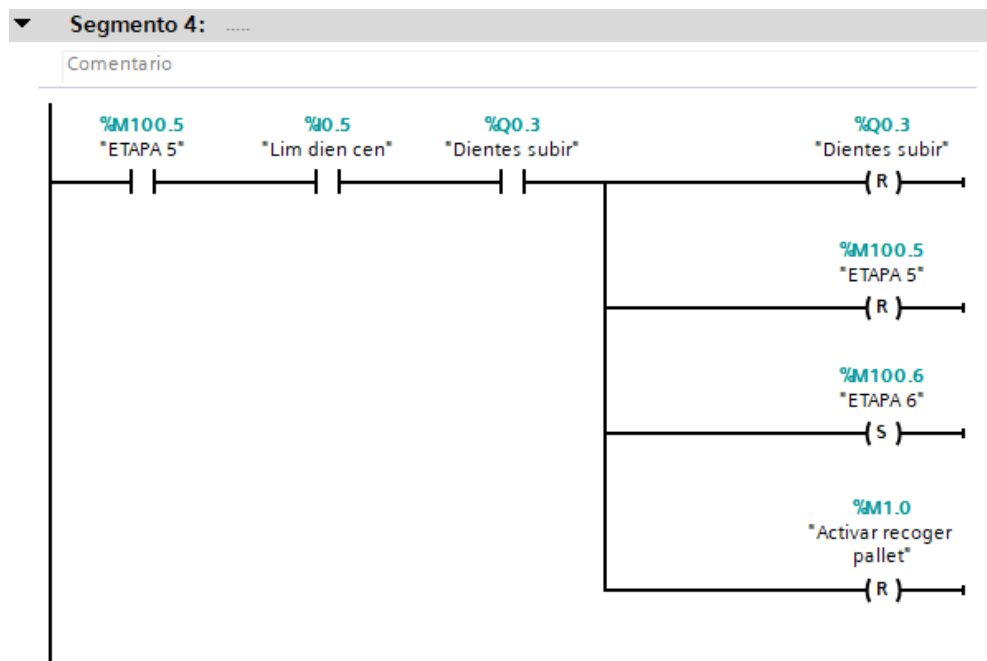


Figura 5.39 Segmento 4 de “Recoger pallet” (vuelta a posición inicial de la cuna).

Tras esta configuración, la función “Recoger pallet” queda completa y se puede continuar con la programación del resto del programa. A continuación, en la figura 5.40, se puede



observar el siguiente segmento de programación, en el cuál aparece un nuevo elemento que se trata de un contador. Concretamente se usa uno del tipo CTUD, que permite contabilizar de forma ascendente o descendente. Todo esto con el objetivo de llevar la cuenta de las posiciones ocupadas en el almacén de forma que, a la hora de apilar los pallets, el transelevador se desplace a las posiciones libres y, a la hora de recogerlos, se mueva a huecos ocupados. Para ello, se define una nueva marca denominada “Cont espacio libre”, donde se irá guardando el valor que ofrece el contador. En el siguiente segmento aparecen las condiciones necesarias para que el contador sume una unidad el valor actual, además de activar la “ETAPA 7” y resetear la “ETAPA 6”. Estas condiciones son que las variables “ETAPA 6”, “Lim dien cen”, “Sen carga TE” estén activas y que “Dientes subir” no lo esté. Esto significa que ya se ha realizado completamente la función “Recoger pallet”, los dientes del transportador se encuentran en el centro, y que el sensor “Sen carga TE”, colocado sobre la cuna del transelevador, detecta que hay material cargado disponible para almacenar.

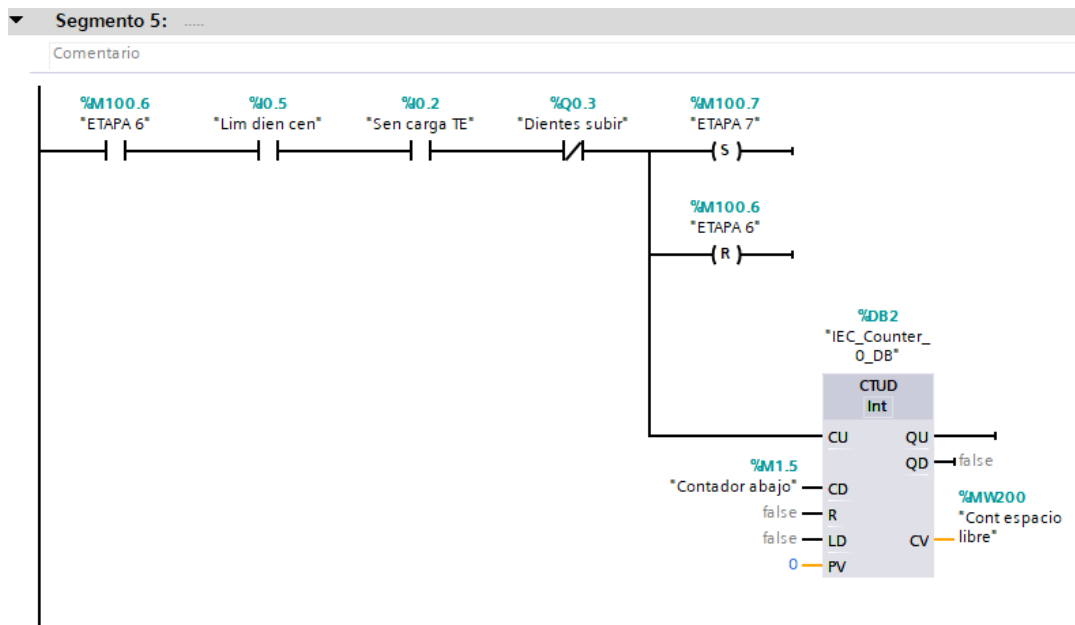


Figura 5.40 Segmento 5 del bloque principal (sumar un valor al contador).

Cabe destacar que dentro del contador hay otra marca denominada “Contador abajo”, asociada a la resta de una unidad de valor al contador, que proviene de un segmento de programación situado más adelante.

Una vez sumada una unidad al valor del contador, y activada la “ETAPA 7”, se procede al desplazamiento del transelevador a la primera posición libre del almacén, gracias a la

función “MOVE” que nos permite copiar datos en zonas de memoria. En este caso copiaremos el valor de “Cont espacio libre” a la salida “Posicionador TE”. Tras esto, se resetea la “ETAPA 7” y se activan las variables “ETAPA 8” y “Activar almacenar pallet”. Esta última se activa con la condición de que la cuna este quieta, lo que hace que estén desactivados “Sen movimiento X en TE” y “Sen movimiento Z en TE”. Véase la figura 5.41.

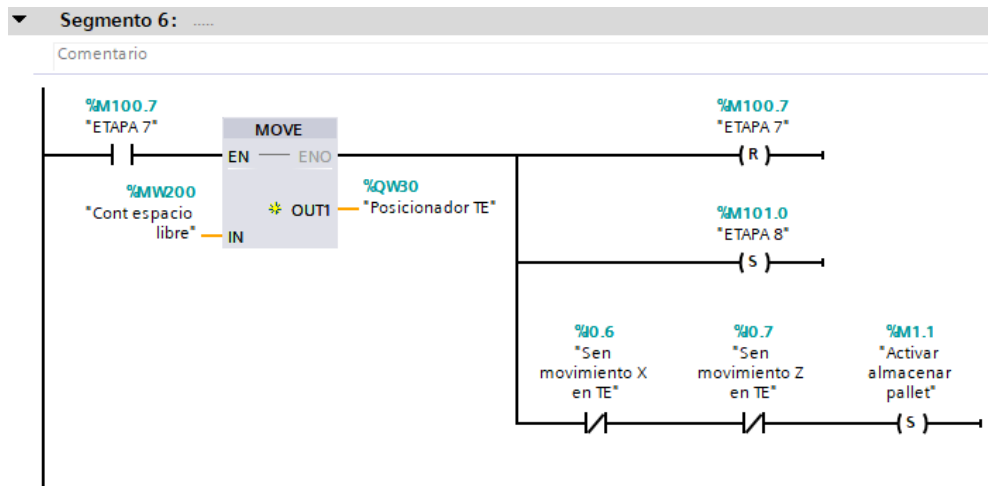


Figura 5.41 Segmento 6 del bloque principal (movimiento del transelevador a posición libre del almacén).

A continuación, se puede observar el transelevador en la primera posición libre (en este caso la 1).



Figura 5.42 Transelevador en la posición 1.

A continuación, una vez habilitada la variable “Activar almacenar pallet” y con el transelevador en posición, se inicia un contador de dos segundos antes de activar el bloque

de función “Almacenar pallet”. Esta pausa se realiza para evitar que el pallet se desestabilice. Véase figura 5.43.

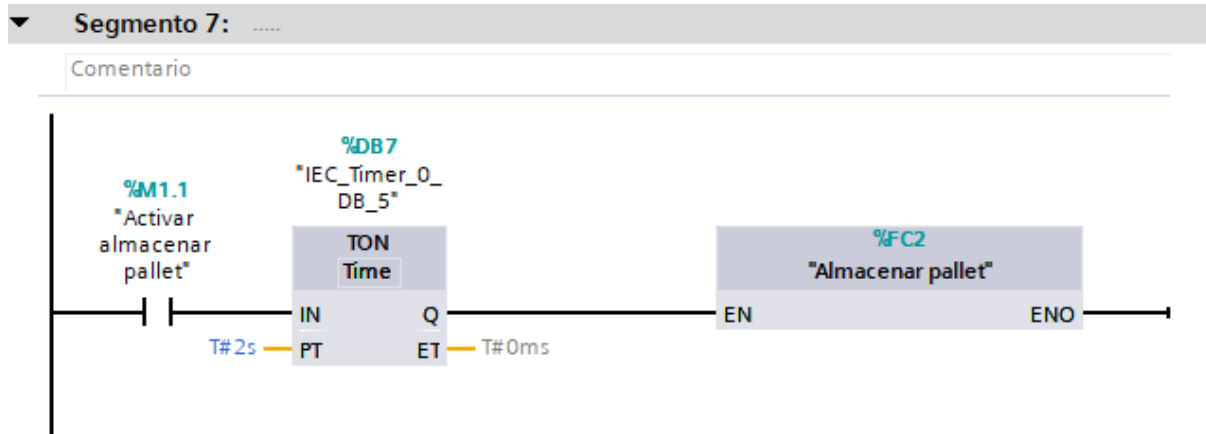


Figura 5.43 Segmento 7 del bloque principal (activación función “Almacenar pallet”).

Tras crear la función FC “Almacenar pallet” como se ha descrito anteriormente, se procede a la programación de esta. En primer lugar, si la “ETAPA 8” está encendida se activan las variables “Dientes subir” y “ETAPA 9” a la vez que se resetea “ETAPA 8”. Esto hará que los dientes suban el pallet para poder colocarlo en el hueco del almacén. Observar figura 5.44.

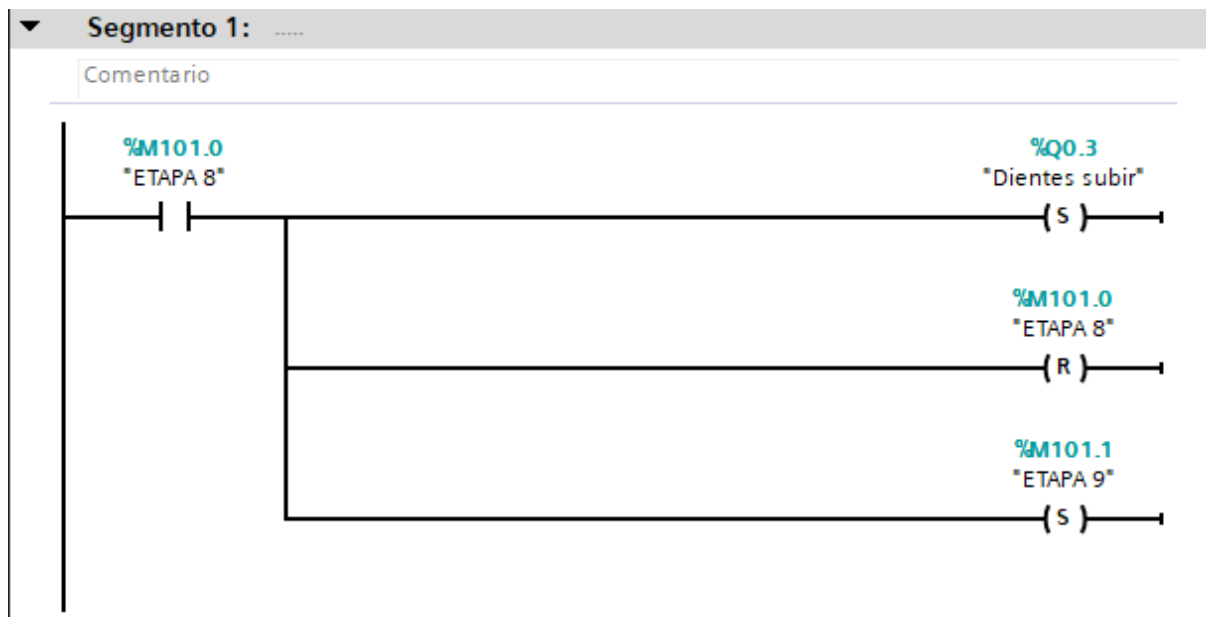


Figura 5.44 Segmento 1 de “Almacenar pallet” (elevación del repartidor).

Una vez elevado el pallet y con la variable “ETAPA 9” activa, se inicia un contador de dos segundos, tras el cual se activan las variables “Dientes derecha” y “ETAPA 10”, mientras se resetea “ETAPA 9”. Esto supondrá que los dientes se desplacen hacia la derecha, dejando

el pallet sobre la posición de almacenamiento. Ver figura 5.45 para el código de este proceso, y figura 5.46 para ver la posición que supone esta programación.

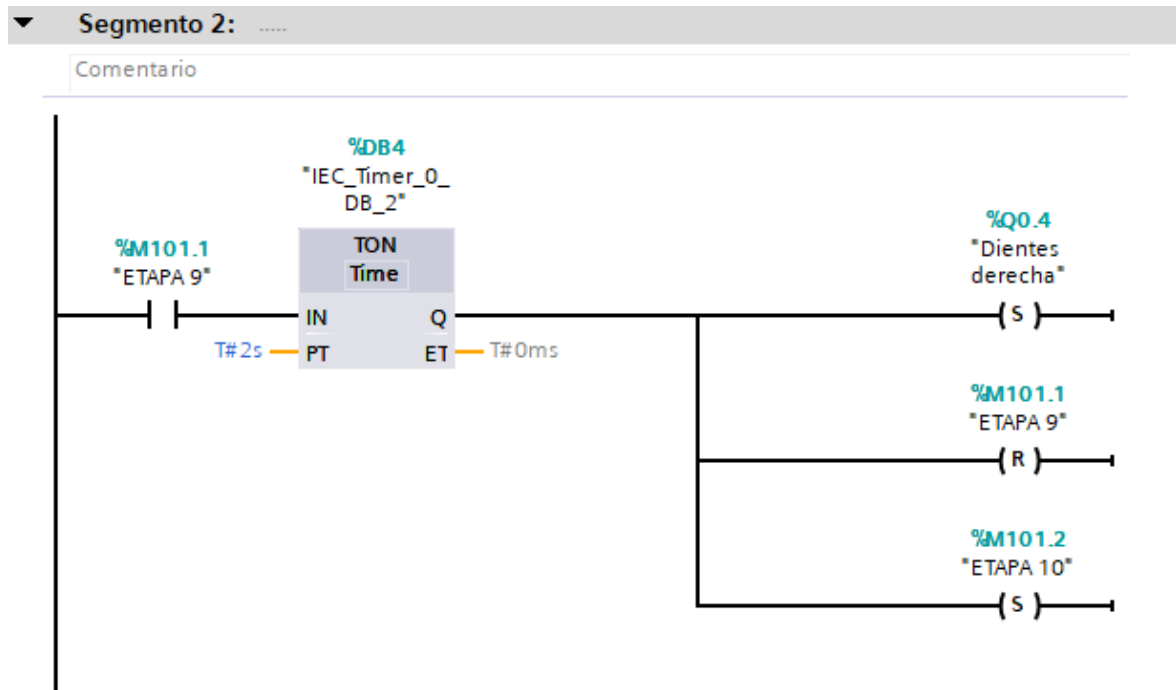


Figura 5.45 Segmento 2 de "Almacenar pallet" (despliegue de dientes hacia derecha).



Figura 5.46 Despliegue de dientes para ubicar el pallet en el almacén.

Una vez ubicado el pallet sobre la posición final de almacenaje, se pasa a la siguiente fase. Al estar activa la "ETAPA 10", y habilitarse el sensor "Lim dien der", se resetea la variable "Dientes subir" a la vez que comienza un temporizador de dos segundos tras el cual se

resetea la “ETAPA 10” y se activa la “ETAPA 11”. Todo esto implica que los dientes del transportador se desplazan hacia abajo, dejando el pallet situado en la posición correspondiente del almacén. Véase figura 5.47.

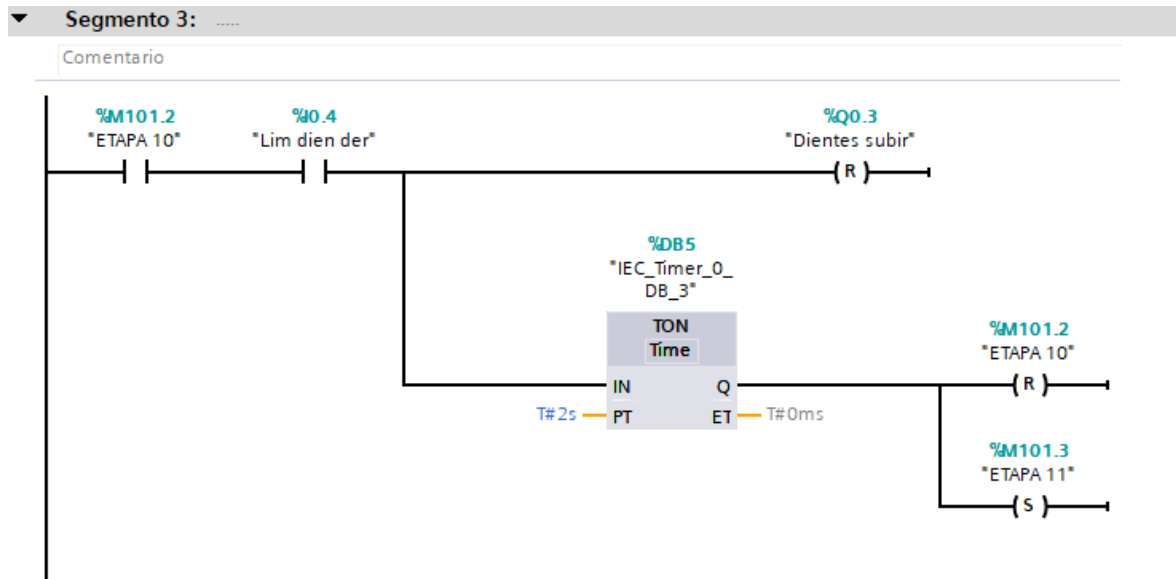


Figura 5.47 Segmento 3 de “Almacenar pallet” (reseteo elevador).

Tras esto, se resetea la variable “Dientes derecha” mientras activamos una nueva variable denominada “ETAPA 12”, como se puede ver a continuación. Véase figura 5.48 para el código y la figura 5.49 para ver la posición que implica esta programación.

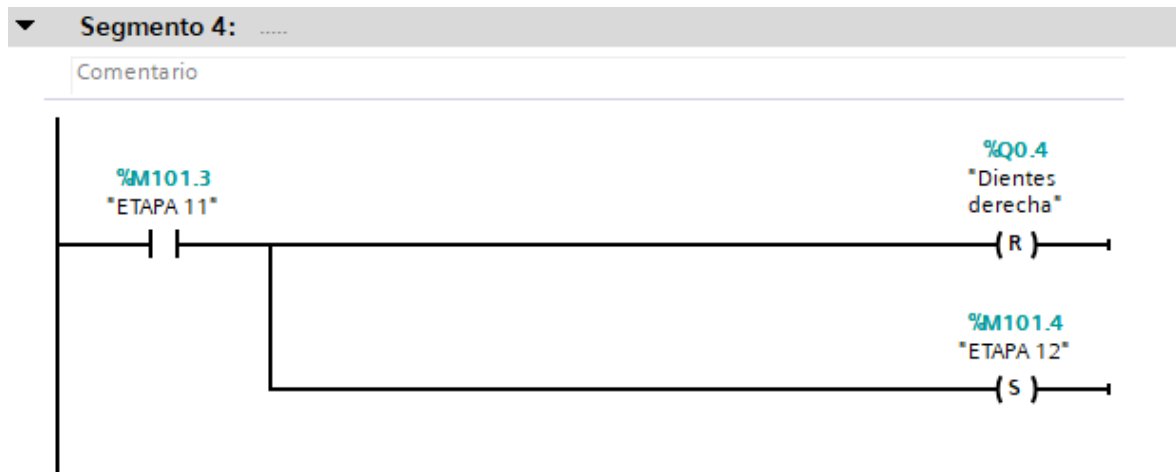


Figura 5.48 Segmento 4 de “Almacenar pallet” (repliegue de dientes).



Figura 5.49 Reseteo dientes para ubicación de pallet en almacén.

Una vez replegados los dientes, cuando se activa la variable “Lim dien cen”, el posicionador se desplaza hasta la posición inicial, de forma que se pueda reiniciar el proceso de recogida de pallets, o comenzar la fase de salida de pallets del almacén. También se resetea la “ETAPA 11” y se activa la “ETAPA 13”. Véase figura 5.50.

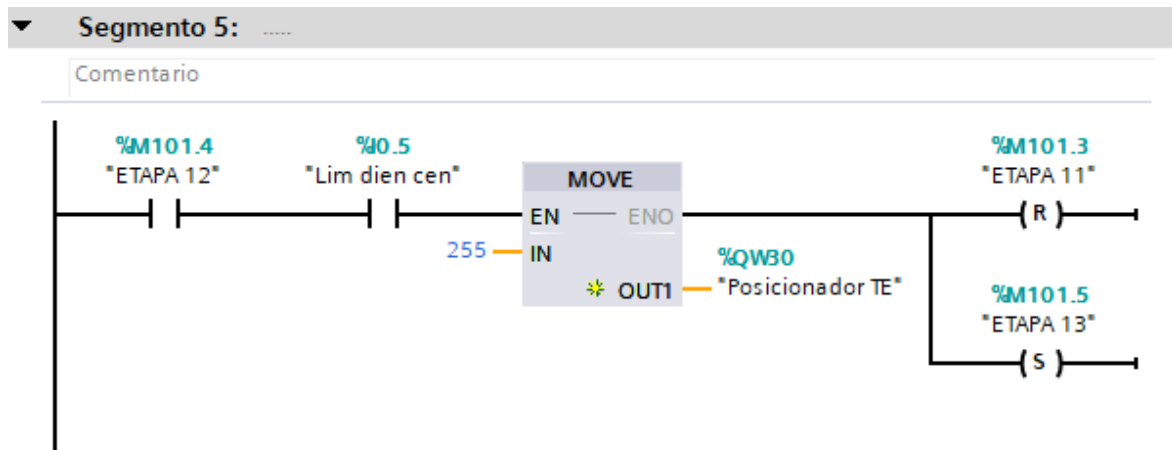


Figura 5.50 Segmento 5 de “Almacenar pallet” (vuelta de la cuna a posición inicial).

Finalmente, para acabar el desarrollo de la función “Almacenar pallet” se procede al reseteo de las variables “Activar almacenar pallet”, “ETAPA 12” y “ETAPA 13” y se activa la “ETAPA 14”. Para ello se deben cumplir una serie de condiciones que hagan que esté activa “Sen pos inicial cuna” y no estén habilitados “Sen movimiento X en TE” ni “Sen movimiento

Z en TE". Esto implica que la cuna debe estar en la posición inicial y que se haya acabado completamente el desplazamiento de esta. Véase figura 5.51.

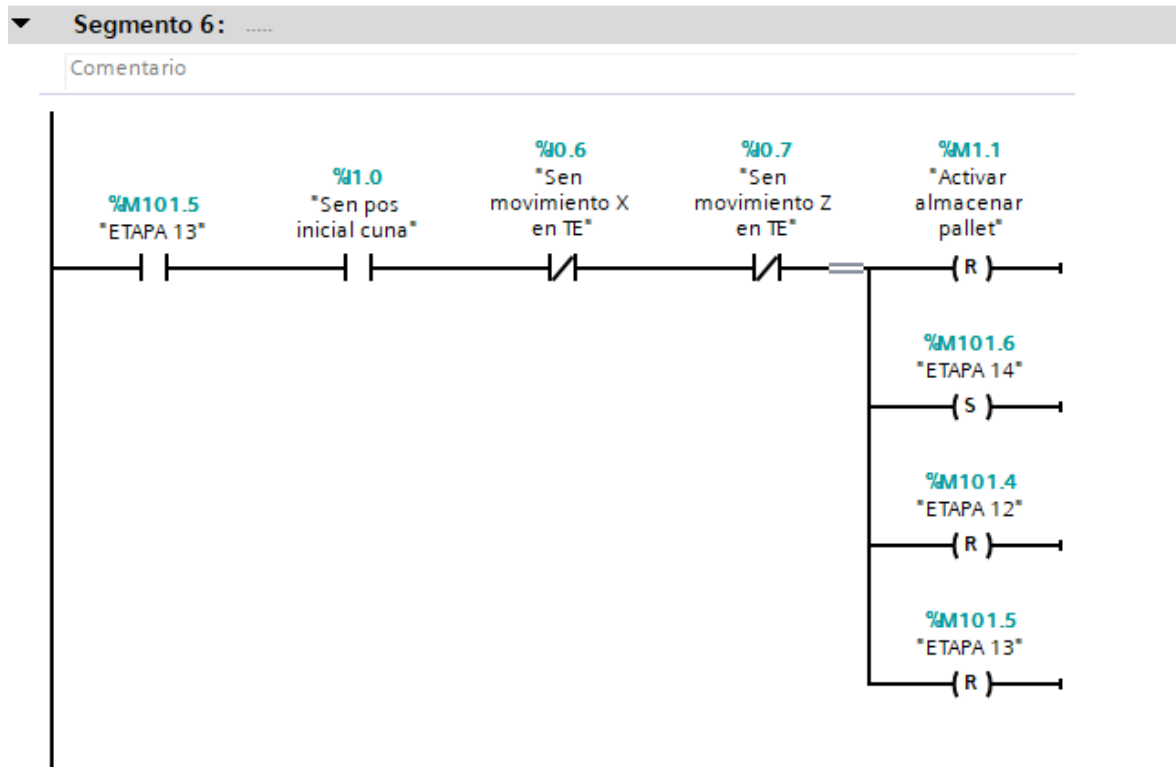


Figura 5.51 Segmento 6 de "Almacenar pallet" (reinicio de variables).

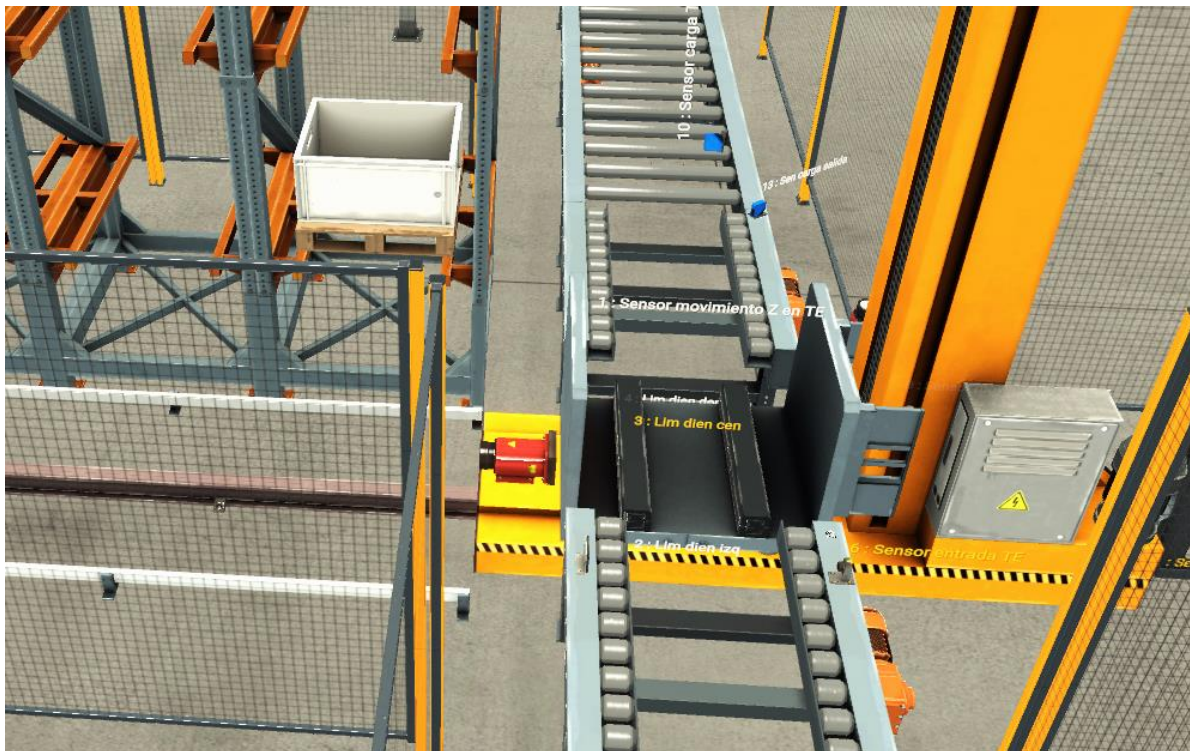


Figura 5.52 Vuelta a posición de inicio del transelevador.

Hasta aquí se describe el proceso completo de entrada y almacenaje de pallets al sistema. Gracias al contador del que se dispone, se pueden utilizar todas las posiciones del almacén (54 en este caso). A continuación, se detalla la parte del código que se encarga de la fase de recogida de pallets. Esta se inicia cuando un operario activa el botón “Boton start rec” y se cumplen una serie de condiciones que hacen que estén habilitadas las variables “Lim dien cen” y “Sen pos inicial cuna” y no estén activas “Sen carga salida”, “Sen movimiento X en TE”, “Sen movimiento Z en TE” ni “Sen carga TE”. También debe cumplirse que el valor de la marca “Cont espacio libre” sea mayor que cero, lo que indica que hay pallets limpios disponibles en el almacén. Si se reúnen todas estas condiciones, se activará la “ETAPA 15”. Véase figura 5.53.

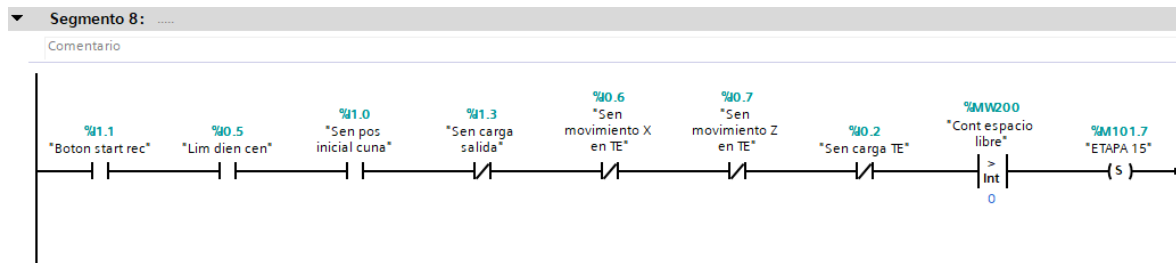


Figura 5.53 Segmento 8 del bloque principal (inicio de la fase de salida de pallets).

Si se han cumplido todas las condiciones que activan la “ETAPA 15”, el posicionador se moverá a la última posición ocupada del almacén, se deshabilita la “ETAPA 15”, y se activan las variables “ETAPA 16” y “Activar desalmacenar pallet”. Véase figura 5.54.

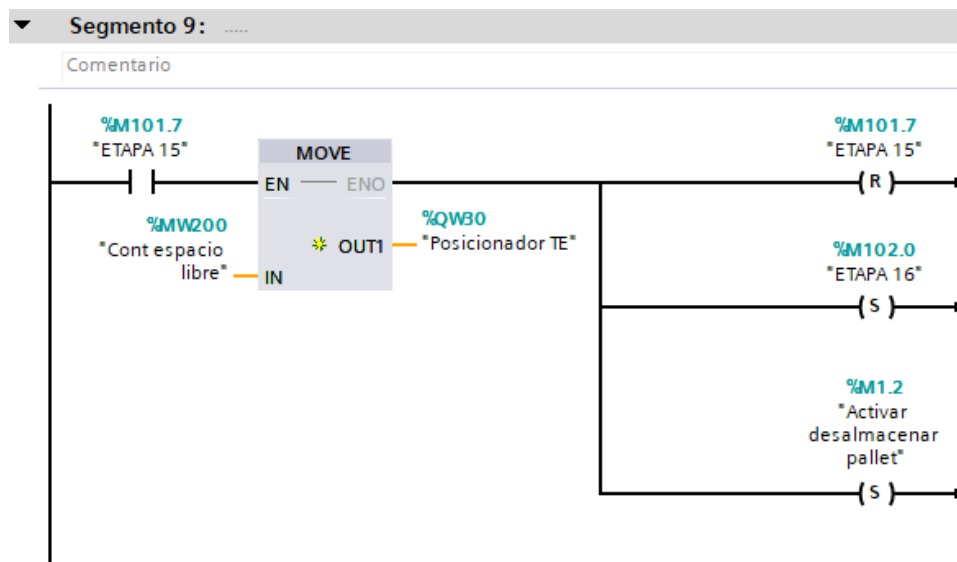


Figura 5.54 Segmento 9 del bloque principal (desplazamiento del transelevador para salida de pallet del almacén)



A continuación, se debe crear un bloque de función que se denominará como “Desalmacenar pallet”, igual que se ha realizado anteriormente. Si la variable “Activar desalmacenar pallet” está activa, habilitará la función anteriormente nombrada. Véase figura 5.55.

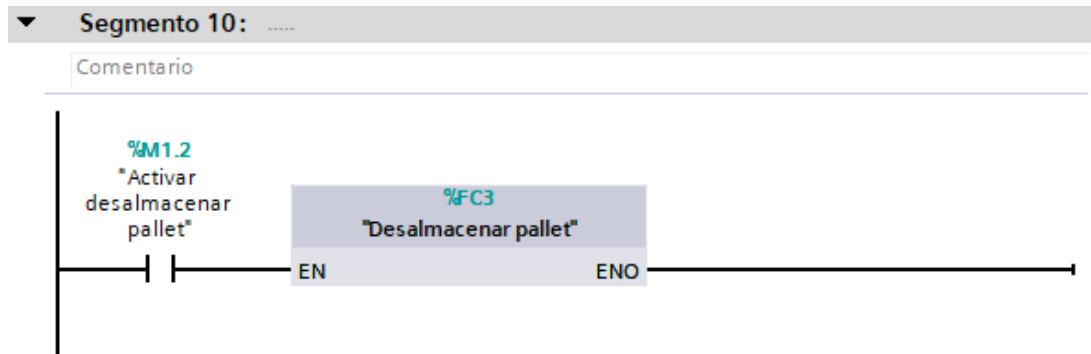


Figura 5.55 Segmento 10 del bloque principal (activación función “Desalmacenar pallet”).

Una vez habilitada la función “Desalmacenar pallet”, estando activa la “ETAPA 16”, y cuando se haya situado el transelevador en la posición correspondiente, con las variables “Sen movimiento X en TE” y “Sen movimiento Z en TE” inactivas, se inicia un temporizador de dos segundos. Tras esta pausa, se activan “Dientes derecha” y “ETAPA 17”, mientras se resetea “ETAPA 16”. Esto hará que los dientes se sitúen debajo del pallet a transportar. Véase figura 5.56 para el código y 5.57 para ver la posición que esto implica.

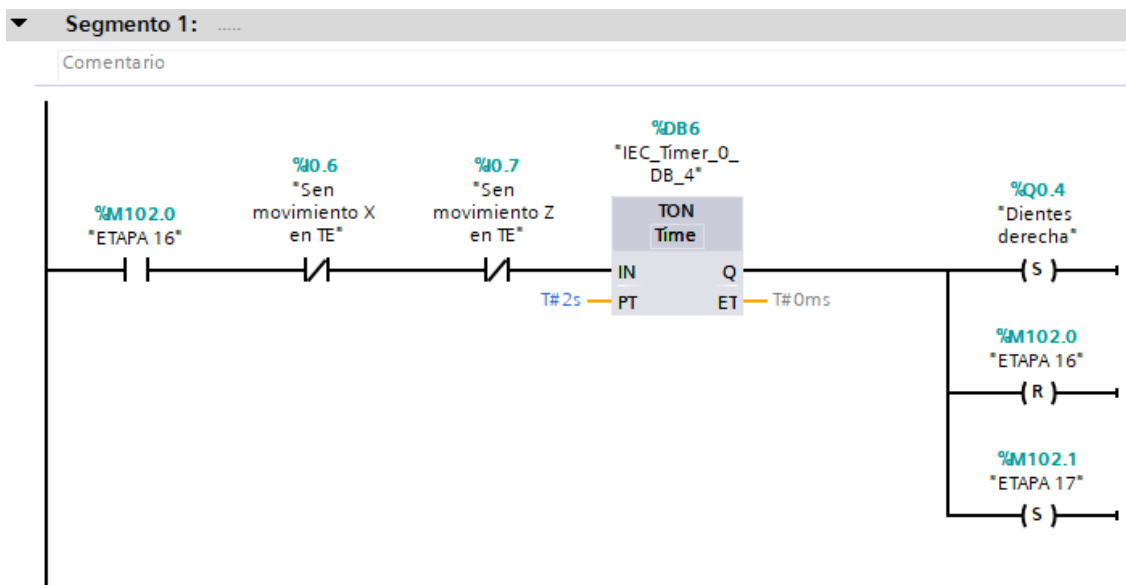


Figura 5.56 Segmento 1 de “Desalmacenar pallet” (despliegue de dientes hacia la derecha).

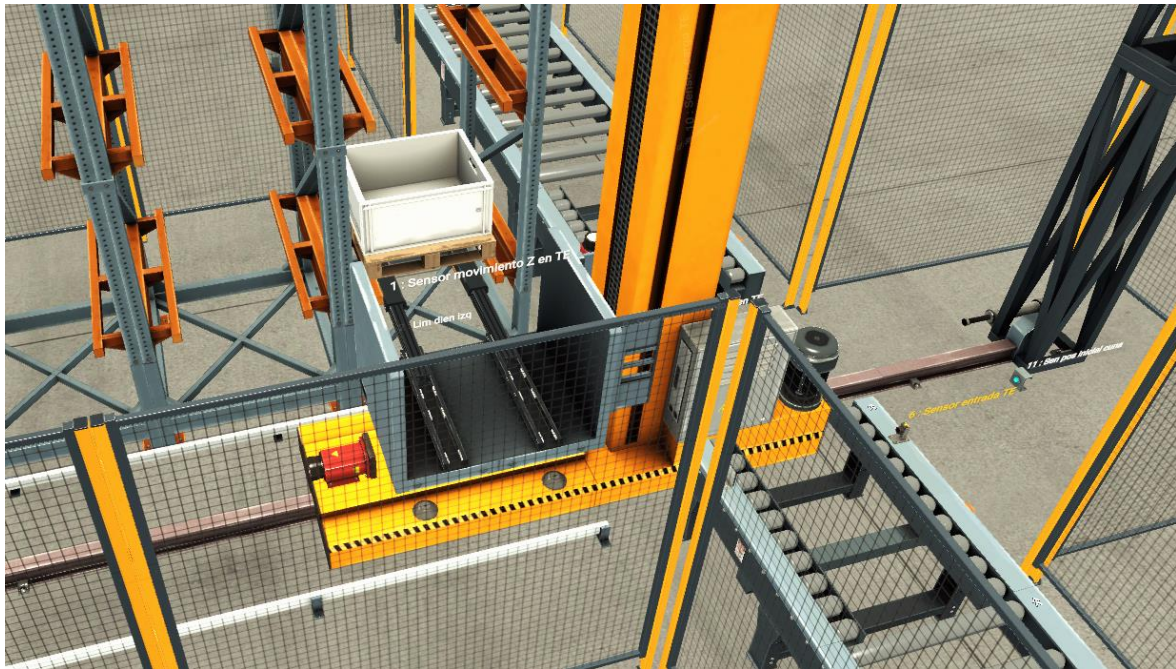


Figura 5.57 Dientes desplegados para recoger el pallet.

Una vez situados los dientes bajo el pallet a transportar, con la variable “Lim dien der” habilitada, se inicia un temporizador de dos segundos. Tras la pausa, se activan “Dientes subir” y “ETAPA 18”, mientras se deshabilita “ETAPA 17”. Esto hará que los dientes eleven el pallet para su posterior transporte. Véase figura 5.58.

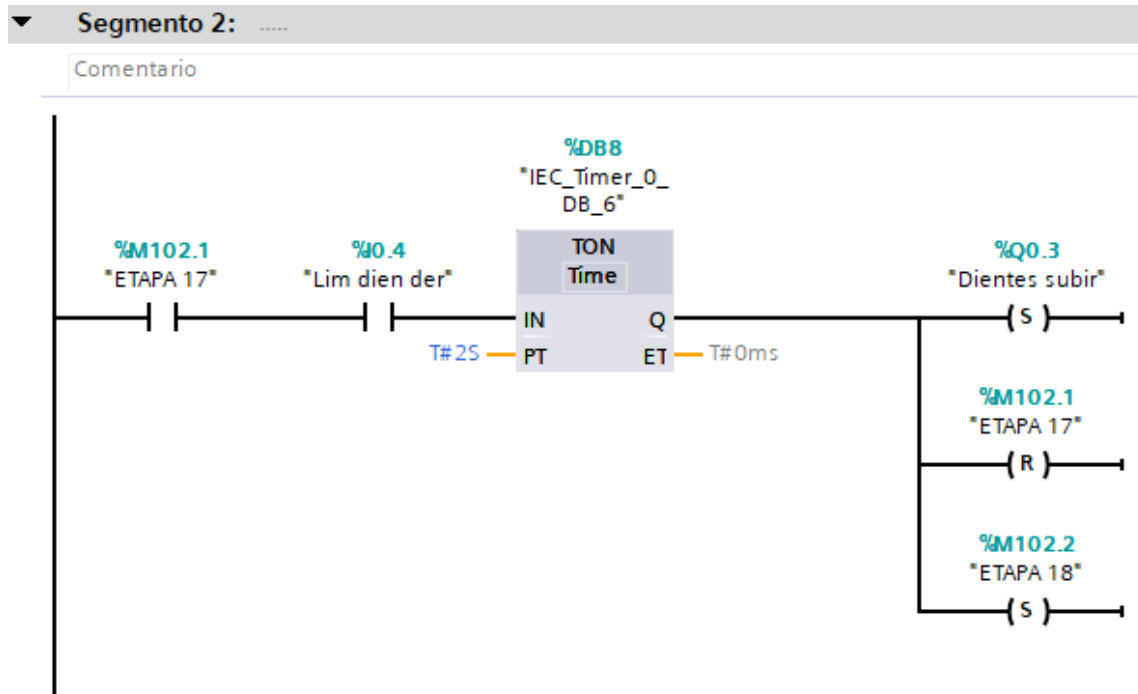


Figura 5.58 Segmento 2 de “Desalmacenar pallet” (elevación del pallet a transportar).

A continuación, con la “ETAPA 18” habilitada, se inicia un temporizador de dos segundos. Tras la pausa, se resetean “Dientes derecha” y “ETAPA 18”, y se habilita “ETAPA 19”. Así, se repliegan los dientes hacia el centro, recogiendo el pallet de su posición del almacén. Véase figura 5.59.

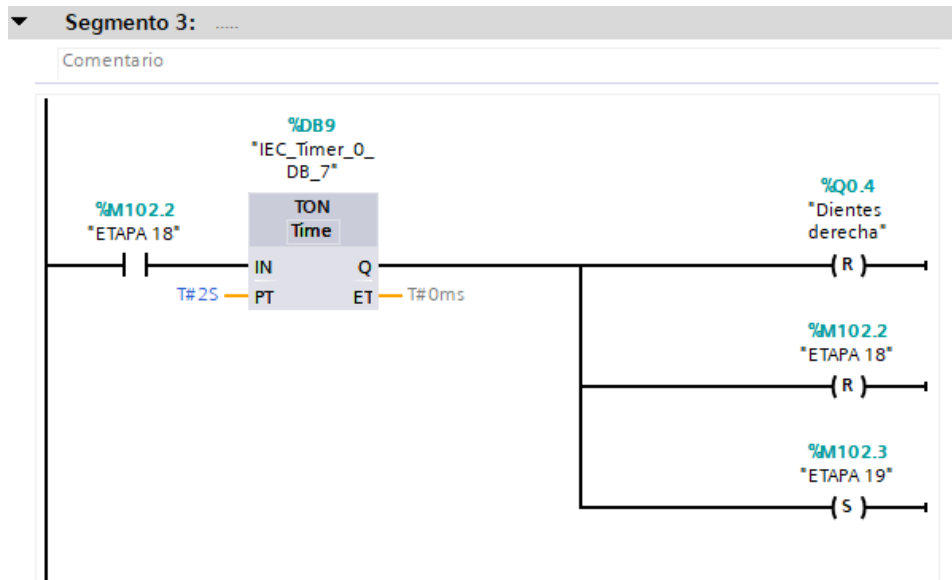


Figura 5.59 Segmento 3 de “Desalmacenar pallet” (repliegue de dientes).

Una vez el pallet esté en la posición central de la cuna, se activa “Lim dien cen”. Esto, junto a que la “ETAPA 19” está habilitada, inicia otro temporizador de 2 segundos. Tras la pausa, se resetean “Dientes subir” y “ETAPA 19” y se activa “ETAPA 20”. Véase figura 5.60.

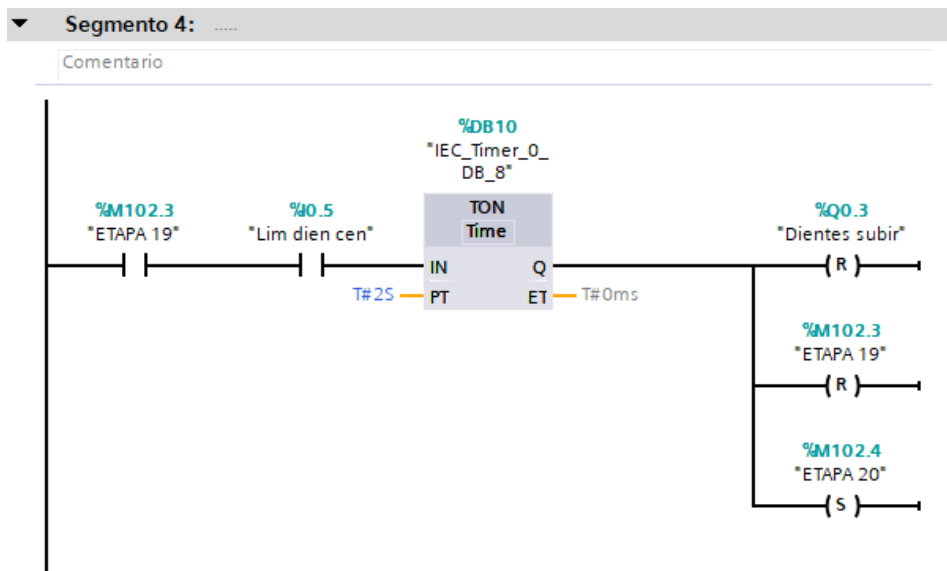


Figura 5.60 Segmento 4 de “Desalmacenar pallet” (reseteo elevador).

A continuación, se desplaza el transelevador a la posición inicial para la posterior salida de este hacia las cintas donde se encuentra el operario esperando para la recogida. También se habilita “ETAPA 21”. Véase figura 5.61.

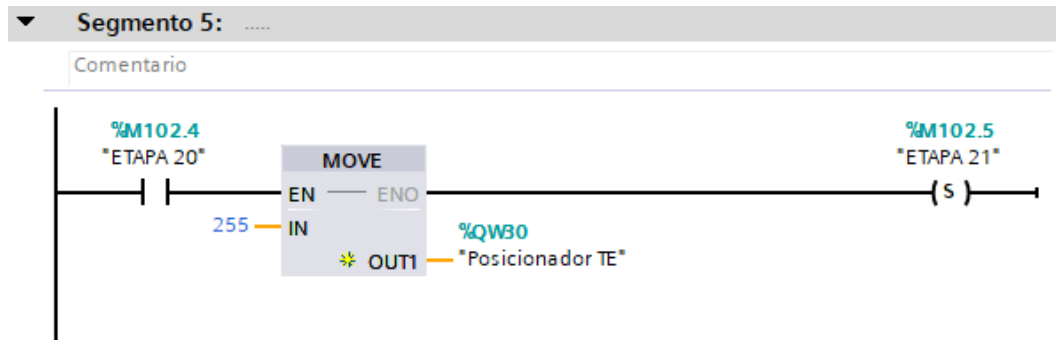


Figura 5.61 Segmento 5 de “Desalmacenar pallet” (desplazamiento cuna a posición inicial).

Por último, una vez el transelevador esté en la posición inicial, con la variable “Sen pos inicial cuna” activa, se procede al reseteo de las variables “Activar desalmacenar pallet”, “ETAPA 20” y “ETAPA 21” a la vez que se activa “ETAPA 22”. Obsérvese en la figura 5.62 el código y en la figura 5.63 la posición que este describe.

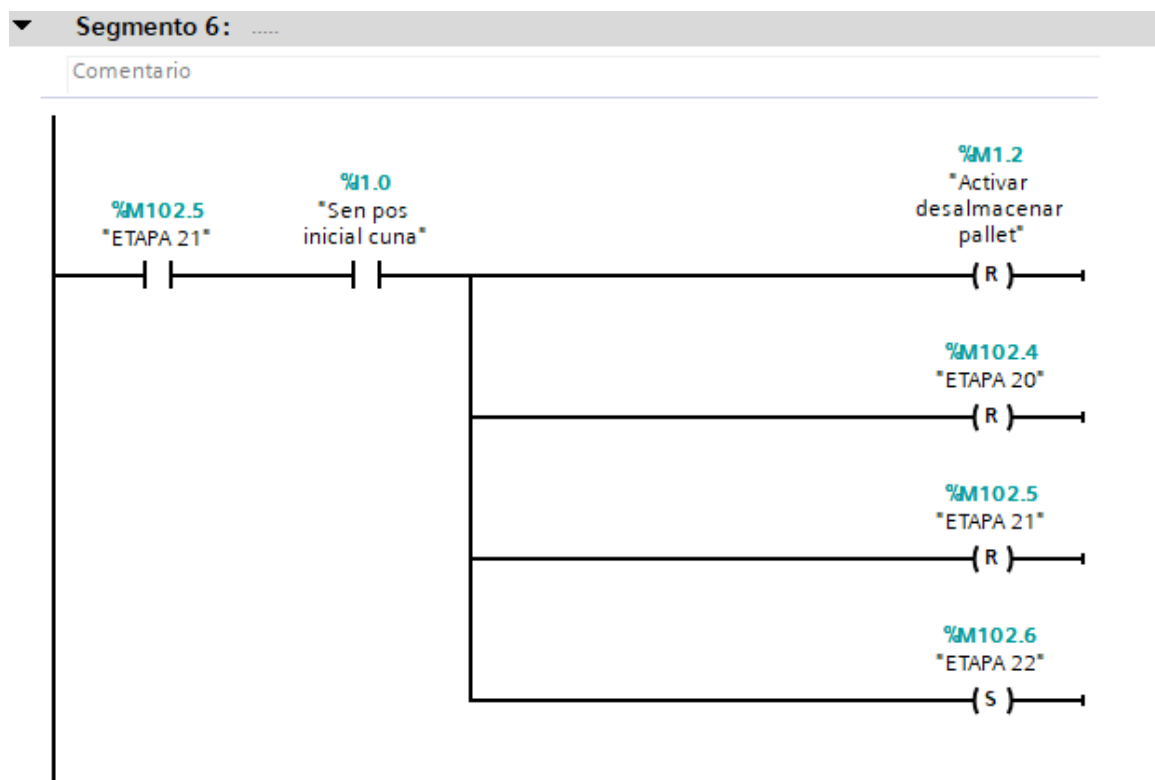


Figura 5.62 Segmento 6 de “Desalmacenar pallet” (reseteo de variables)



Figura 5.63 Pallet limpio listo para la recogida del sistema de almacenamiento.

Una vez terminada la función “Desalmacenar pallet”, se procederá a la resta de una unidad al valor actual del contador, para tener controlada la primera posición libre en el almacén. Para ello, tiene que cumplirse que estén habilitadas “ETAPA 22” y “Sen pos inicial cuna”. Esto hará que se inicie un temporizador de dos segundos tras el cual se activa “Contador abajo”, “Activar salida pallet” y “ETAPA 23”, mientras se resetea “ETAPA 22”. Cabe destacar que, en este caso, la variable “Contador abajo” no se configura con la opción “SET”, ya que con un solo pulso es suficiente para restar una unidad al contador. Esta variable ya se ha visto su localización en la figura 2.8.26, en el segmento 5, junto al parámetro “CD” del contador. Cuando se activa, resta una unidad al valor de “Cont espacio libre”. Véase figura 5.64.

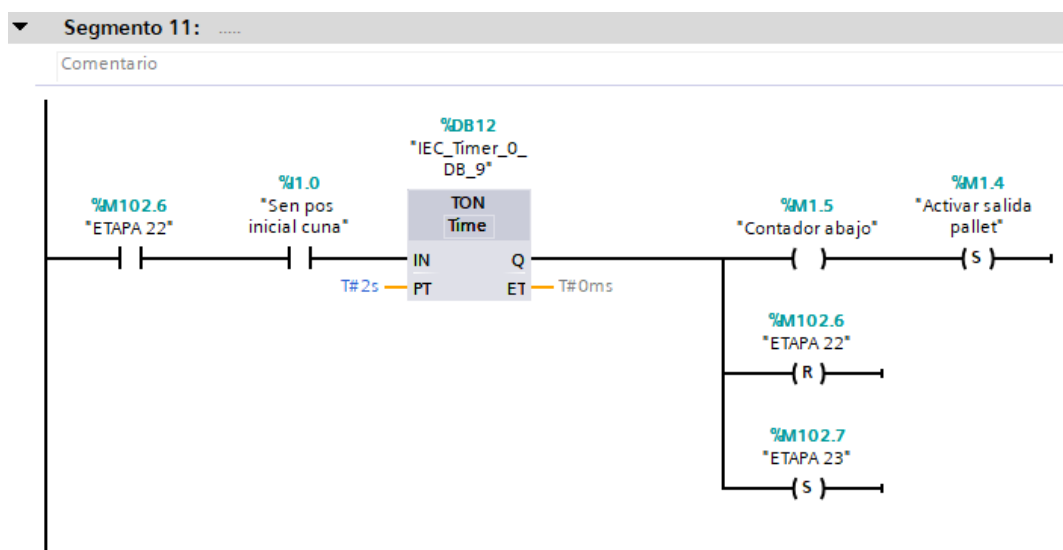


Figura 5.64 Segmento 11 del bloque principal (resta de una unidad al contador).

A continuación, hay que crear una última función que se denominará “Salida pallet”, del mismo modo que se ha hecho anteriormente. Si la variable “Activar salida pallet” está habilitada, se activará la función “Salida pallet”. Véase figura 5.65.

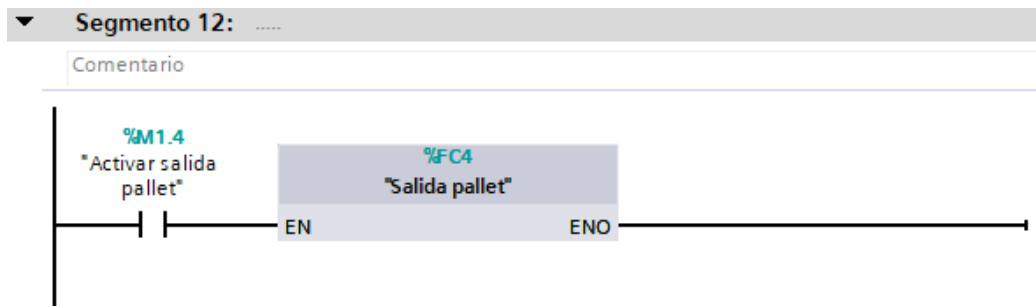


Figura 5.65 Segmento 12 del bloque principal (habilitación función “Salida pallet”).

Una vez activa esta función, se procede al desarrollo de la misma. Si la “ETAPA 23” está habilitada, entonces se activarán “Dientes subir” y “ETAPA 24”, a la vez que se resetea “ETAPA 23”. Esto hará que la cuna se eleve a una posición en la que no pueda colisionar con otros elementos. Véase figura 5.66.

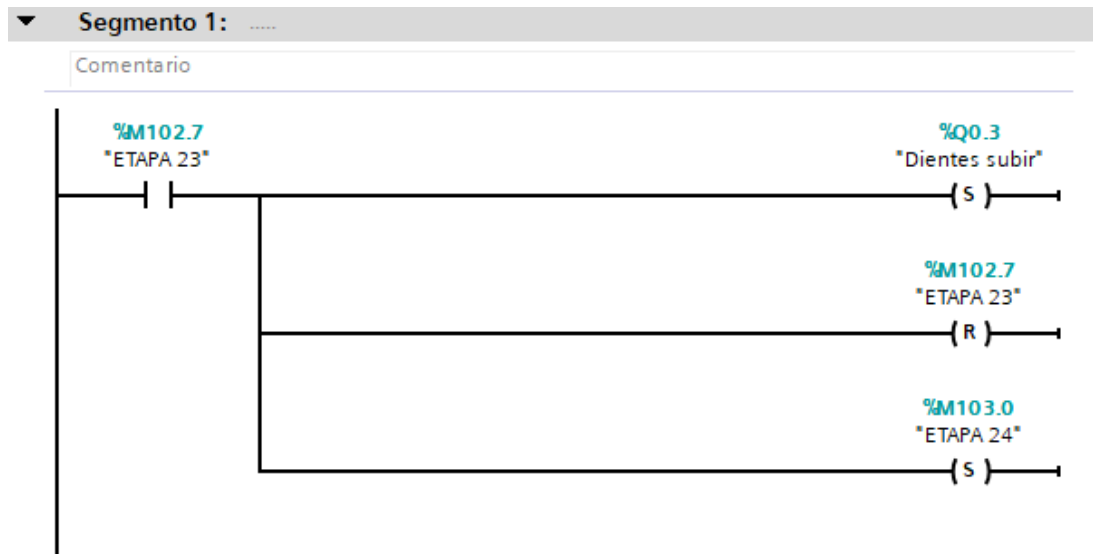


Figura 5.66 Segmento 1 de “Salida pallet” (elevación cuna transelevador).

A continuación, con la “ETAPA 24” activa, se inicia un contador de dos segundos tras el que se activan “Dientes derecha” y “ETAPA 25”, mientras se resetea “ETAPA 24”. Esto hará que se desplieguen los dientes hacia la derecha, para su posterior emplazamiento en la cinta de salida. Véase figura 5.67 para el código y figura 5.68 para ver la posición en la que se encuentra el transelevador, además de poder ver el sensor difuso, con contacto normalmente abierto, “Sen carga salida”.

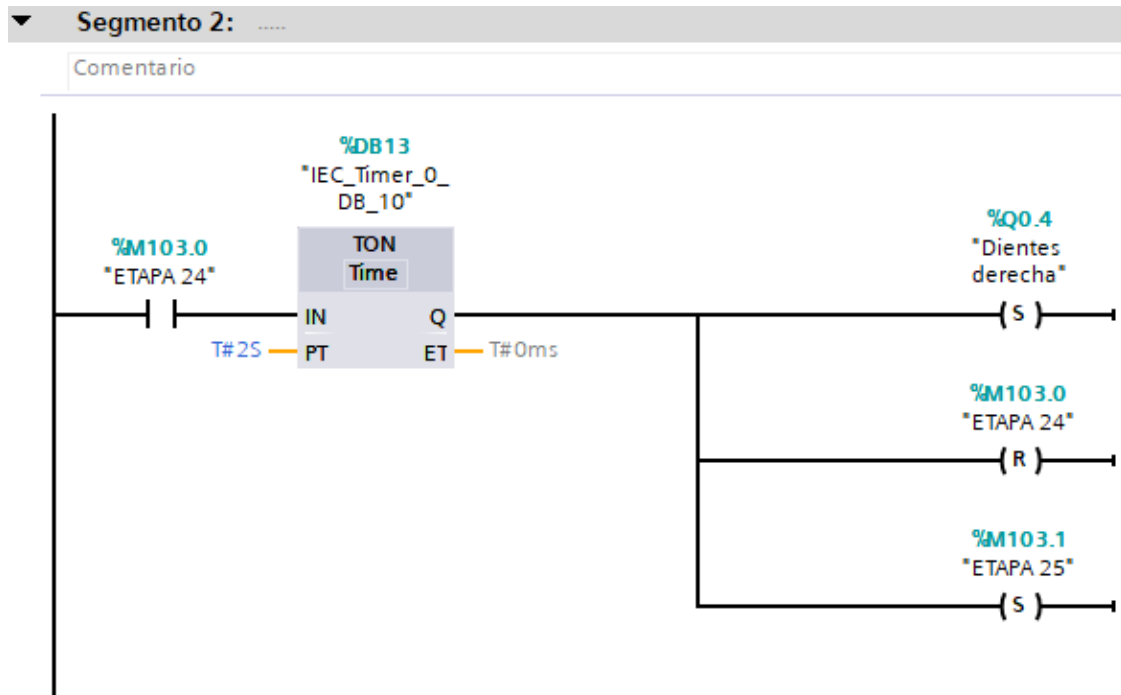


Figura 5.67 Segmento 2 de “Salida pallet” (Despliegue de dientes hacia la derecha).

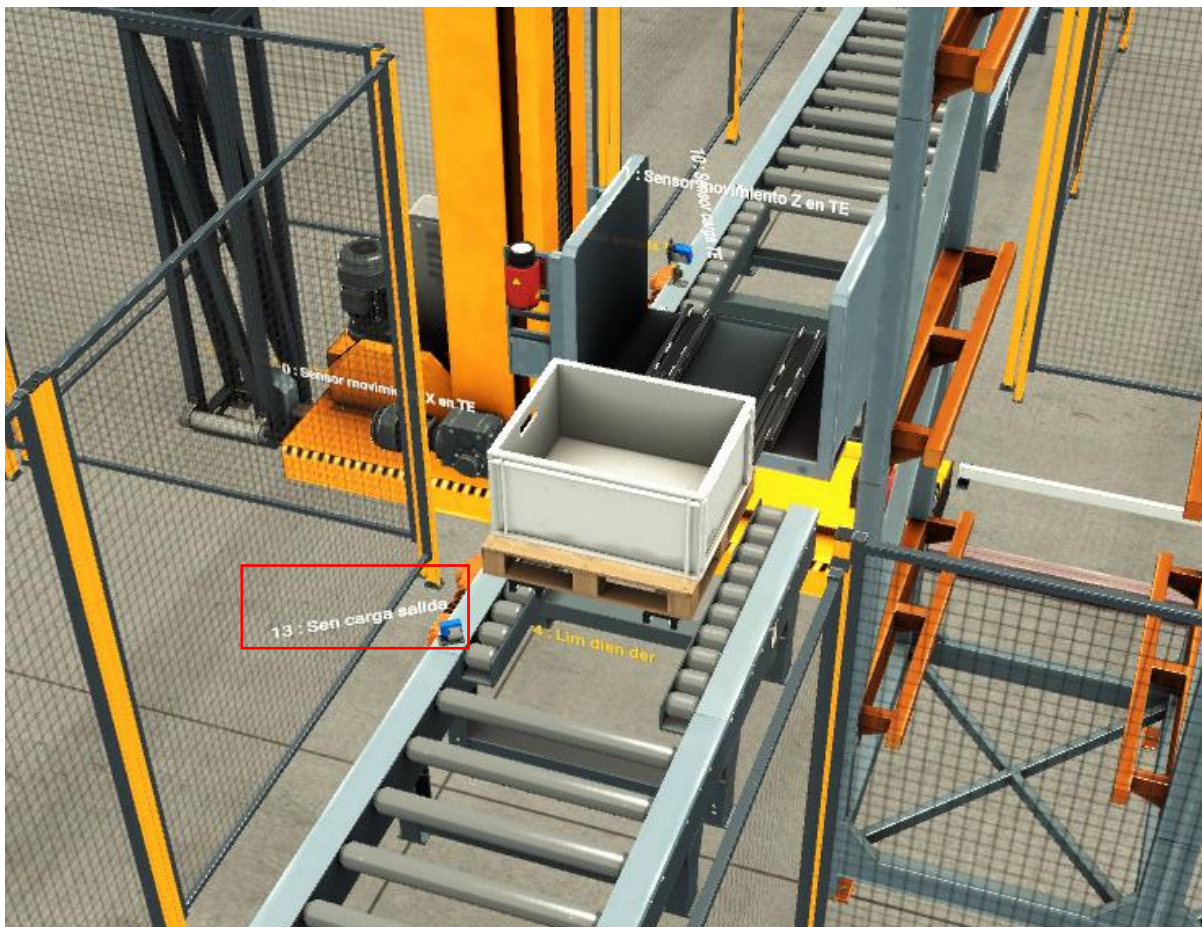


Figura 5.68 Pallet situado sobre la cinta de salida.

A continuación, si está activa la “ETAPA 25” y “Lim dien der”, se inicia un temporizador de dos segundos. Tras la pausa, se resetean “Dientes subir”, “Dientes derecha” y “ETAPA 25”, mientras se activa la “ETAPA 26”. Esto propiciará que los dientes depositen el pallet sobre la cinta de transporte de salida. Obsérvese la figura 5.69 para ver el código de esto, y la 5.70 para ver la situación del pallet en la cinta de salida.

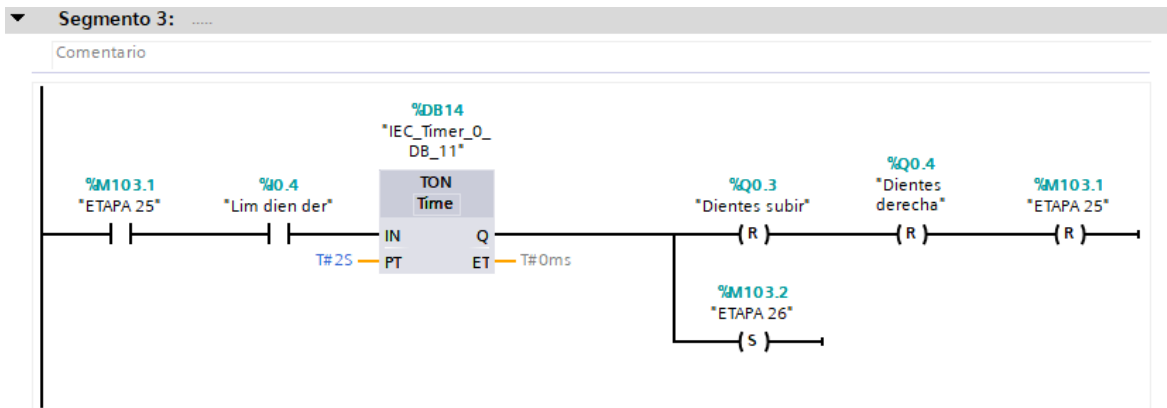


Figura 5.69 Segmento 3 de “Salida pallet” (emplazamiento pallet sobre cinta de salida).



Figura 5.70 Pallet situado en la cinta de salida del sistema de almacenamiento.



Por último, se procede al reseteo de las variables “Activar salida pallet” y “ETAPA 26” y a la habilitación de “ETAPA 27”. Para ello tiene que estar activa “ETAPA 26” y “Lim dien cen”. Véase figura 5.71.

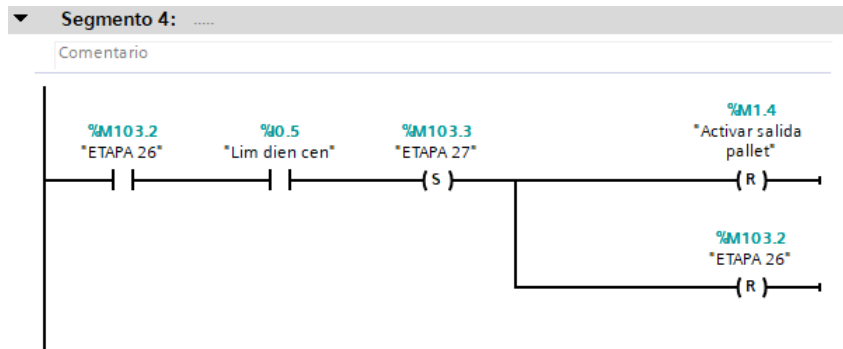


Figura 5.71 Segmento 4 de “Salida pallet” (reseteo de variables).

Finalmente, se procede al transporte del pallet hacia el extremo de las cintas de salida. Para ello, tienen que estar activas “ETAPA 27”, “Sen presencia salida” y “Sen carga salida”. Estas dos últimas variables corresponden a dos sensores. Respectivamente, a un sensor difuso colocado justo al principio de las cintas de salida, que se activará cuando un pallet se sitúe al inicio de estas (obsérvese figura 2.8.54), y otro sensor reflectivo, con contacto normalmente cerrado, al final de la cinta, para controlar que no haya un pallet sin recoger al final de esta. Si se cumplen estas condiciones, significa que no hay ningún pallet sobre la cinta de salida, y se habilitarán “Transportador carga salida”, “Cinta salida” y “ETAPA 28” y se resetea “ETAPA 27”, lo que hará que se activen las cintas de salida y se desplace el pallet hasta el final del sistema para su posterior recogida. Véase figura 5.72.

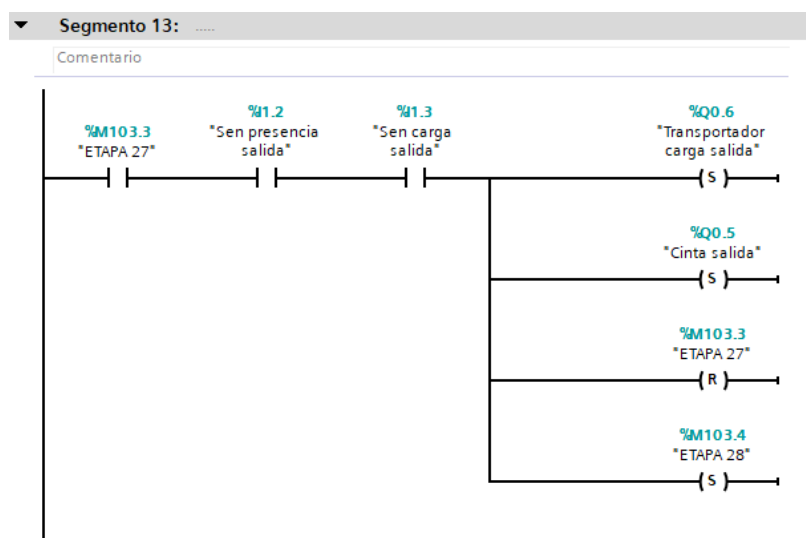


Figura 5.72 Segmento 13 del bloque principal (activación cintas de salida).

Cuando el pallet abandona la primera cinta de transporte, se desactiva "Sen carga salida". Si se cumple esto, y la "ETAPA 28" está habilitada, se procede al reseteo de "Transportador carga salida" y la activación de "ETAPA 29". Véase figura 5.73.

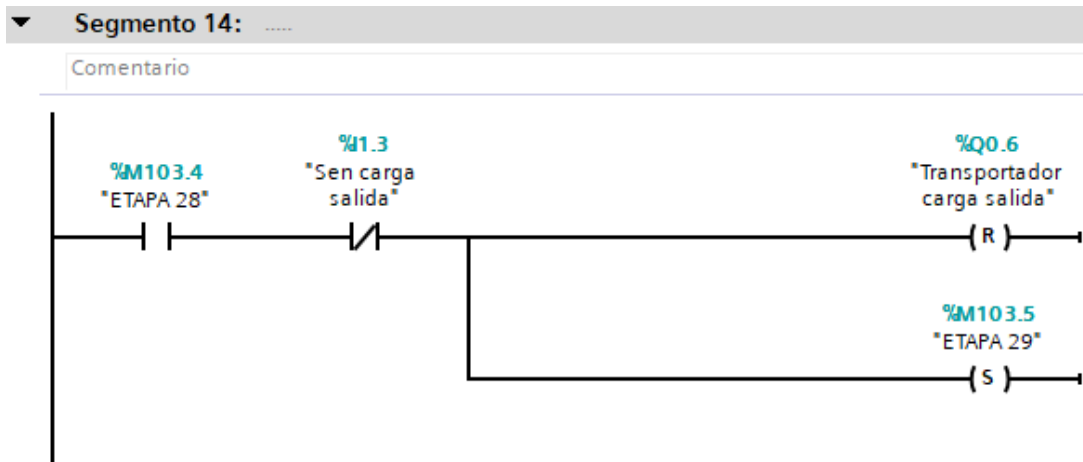


Figura 5.73 Segmento 14 del bloque principal (parada transportador carga salida).

Por último, cuando el pallet llega al final de la cinta, se procede a la paralización de la cinta de salida. Cuando "ETAPA 29" está activo, y se corta el haz de luz del sensor "Sen carga salida", se procede al reseteo de "Cinta salida", "ETAPA 28" y "ETAPA 29". Véase figura 5.74 para el código y la figura 5.75 para ver la situación del pallet al final del sistema.

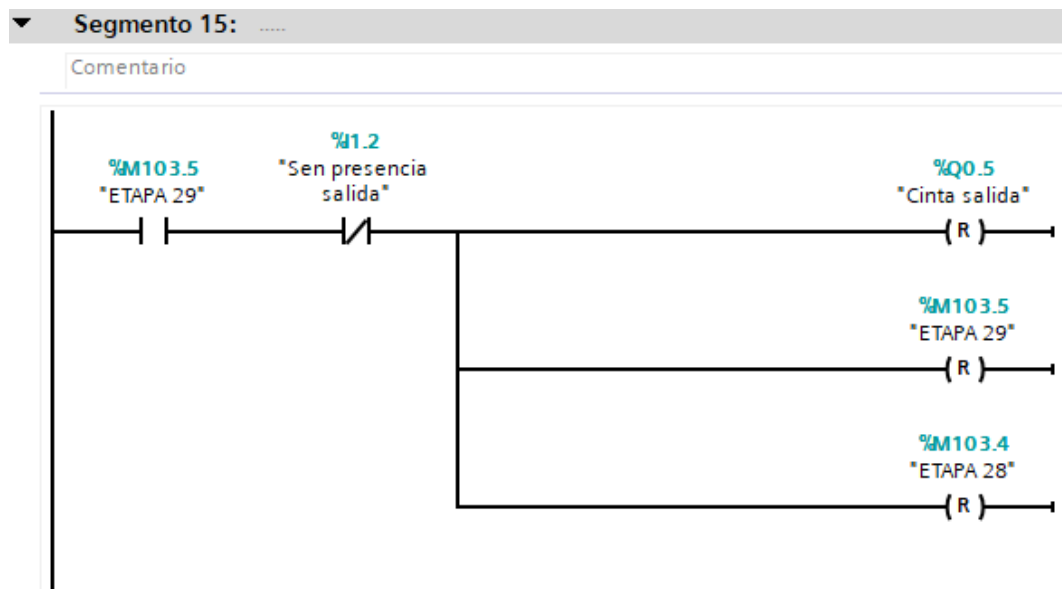


Figura 5.74 Segmento 15 del bloque principal (reseteo cinta salida y últimas variables activas)



Figura 5.75 Pallet en posición final para recogida por parte del operario.

## 5.6 CONCLUSIÓN.

En el presente trabajo se ha detallado el desarrollo de la programación en lenguaje KOP, necesaria para el funcionamiento de un almacén de pallets automático. El código se ha programado en el software oficial de Siemens, *TIA Portal*, y se ha utilizado el programa *Siemens S7-PLCSIM* para comprobar el programa del PLC en un PLC simulado, eliminando la necesidad de disponer del hardware real. Se ha utilizado el programa *Factory I/O* para elaborar una simulación de una escena real, similar a la que se podría instalar en un almacén industrial. Esto también ha permitido comprobar mediante una simulación a tiempo real el estado de las variables y el correcto funcionamiento del código.

En definitiva, con el código actual sería posible implantar el almacén automático sin ningún fallo de funcionamiento, permitiendo tanto almacenar nuevos pallets limpios, como entregar uno de ellos a un operario situado al final del sistema, cuando este aprieta un botón para pedirlo. Por todo ello se puede decir que se ha cumplido con el objeto del trabajo.

Este tipo de sistemas de almacenamiento son cada vez más habituales, ya que permite optimizar tiempos y espacio, posibilitando almacenar elementos sin necesidad de dejar espacio para maquinaria, ahorrando también en mano de obra y más costos asociados.

## 6. Bibliografía

- [1] EDS robotics, «edsrobotics,» 9 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3oYDe0S>.
- [2] Revista de Robots, «revistaderobots,» 2017 Mayo 2023. [En línea]. Available: <https://bit.ly/42tP94L>.
- [3] Ractem, «ractem,» 18 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3WUhwON>.
- [4] Mecalux Esmena, «mecalux,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/45RRHMX>.
- [5] GSL Industrias, «industriasgsl,» 1 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3X0vOGY>.
- [6] Poultry processing equipment, «poultryprocessingequipment,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/3WXzd9B>.
- [7] A. Domínguez, «programacionmultidisciplinar,» 2023. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3PrXwL2>.

## 7. Anexos

### 7.1 ÍNDICE DE PLANOS.

#### 7.1.1. Transportador de carga para los módulos Maxi Load.

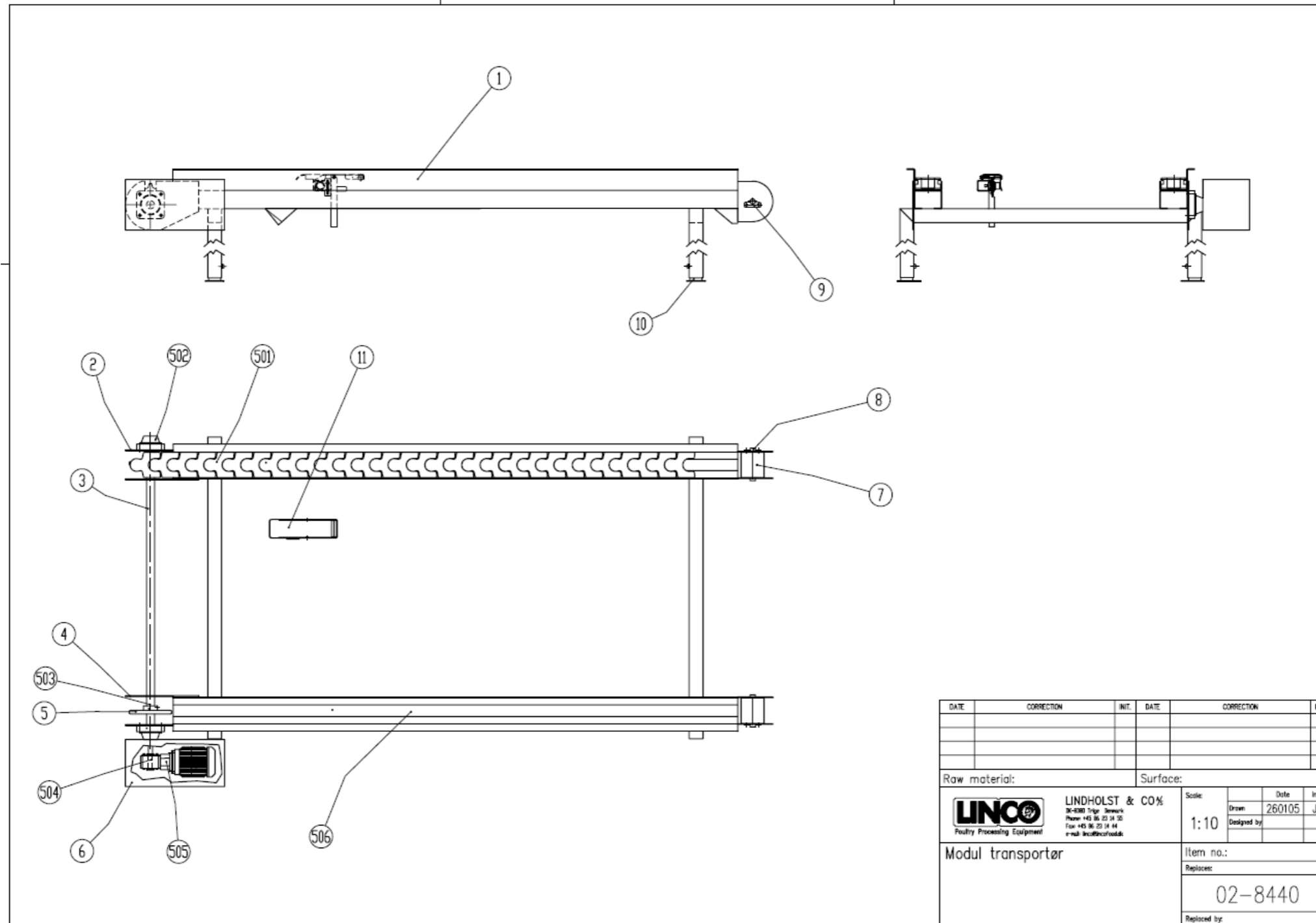


Figura 7.1 Transportador de carga para los módulos Maxi Load.

7.1.2. Transportador de cajas LINCO Load / Maxi Load.

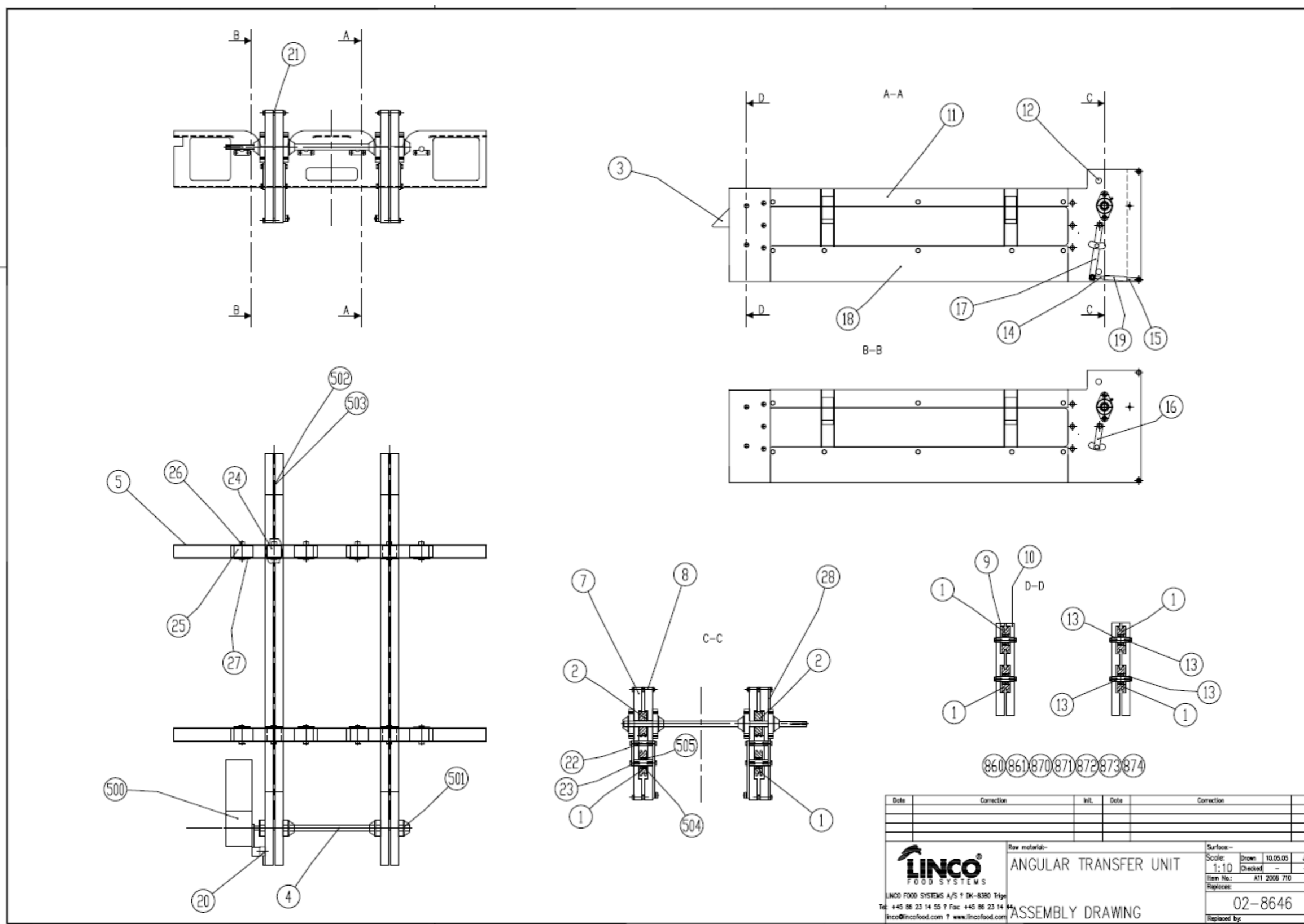


Figura 7.2 Unidad de transferencia angular.

### 7.1.3. Lavadora de cajón en espiral

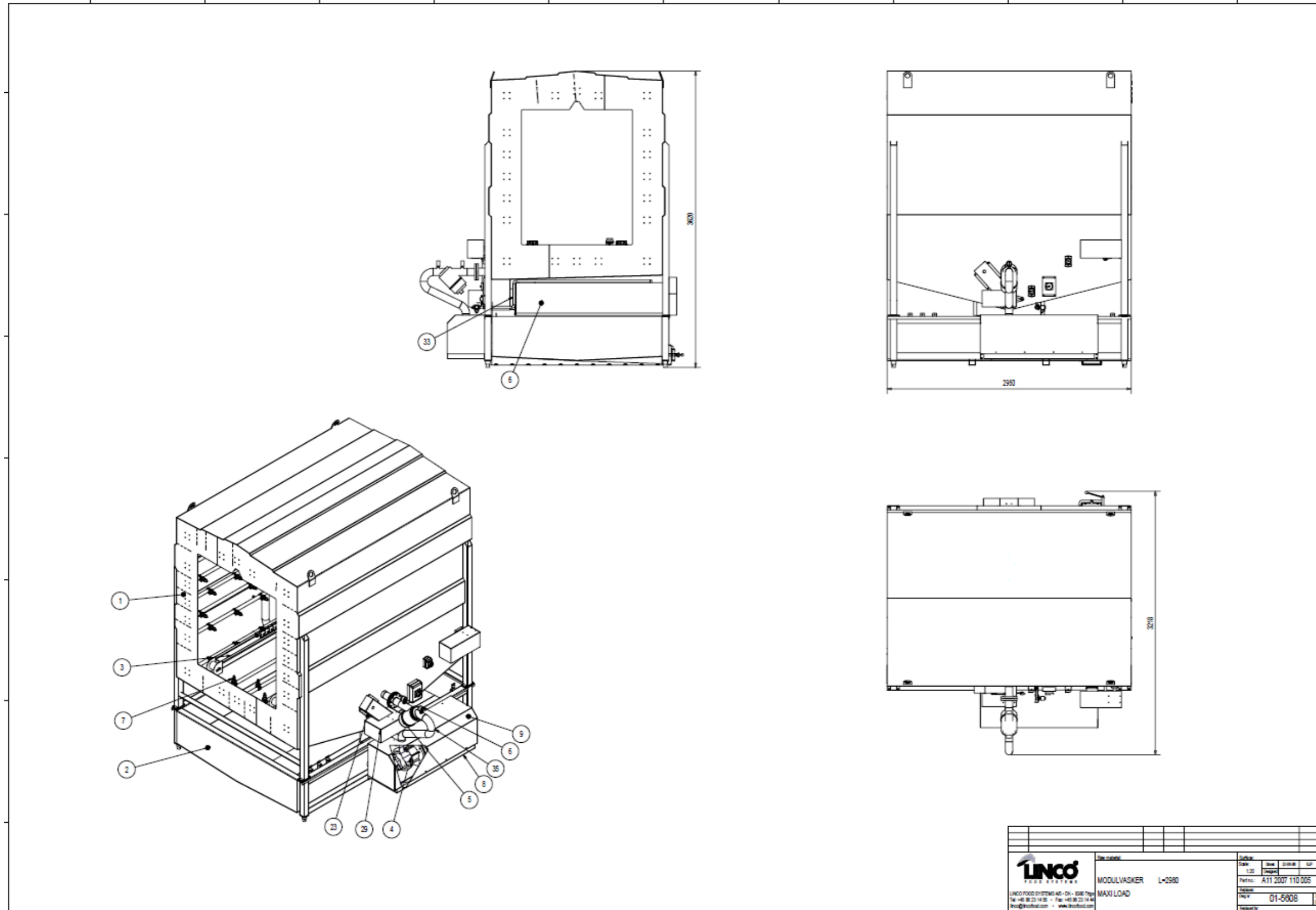


Figura 7.3 Módulo lavador.

7.1.4. Unidad elevadora y apiladora para cinco cajas Maxi Load.

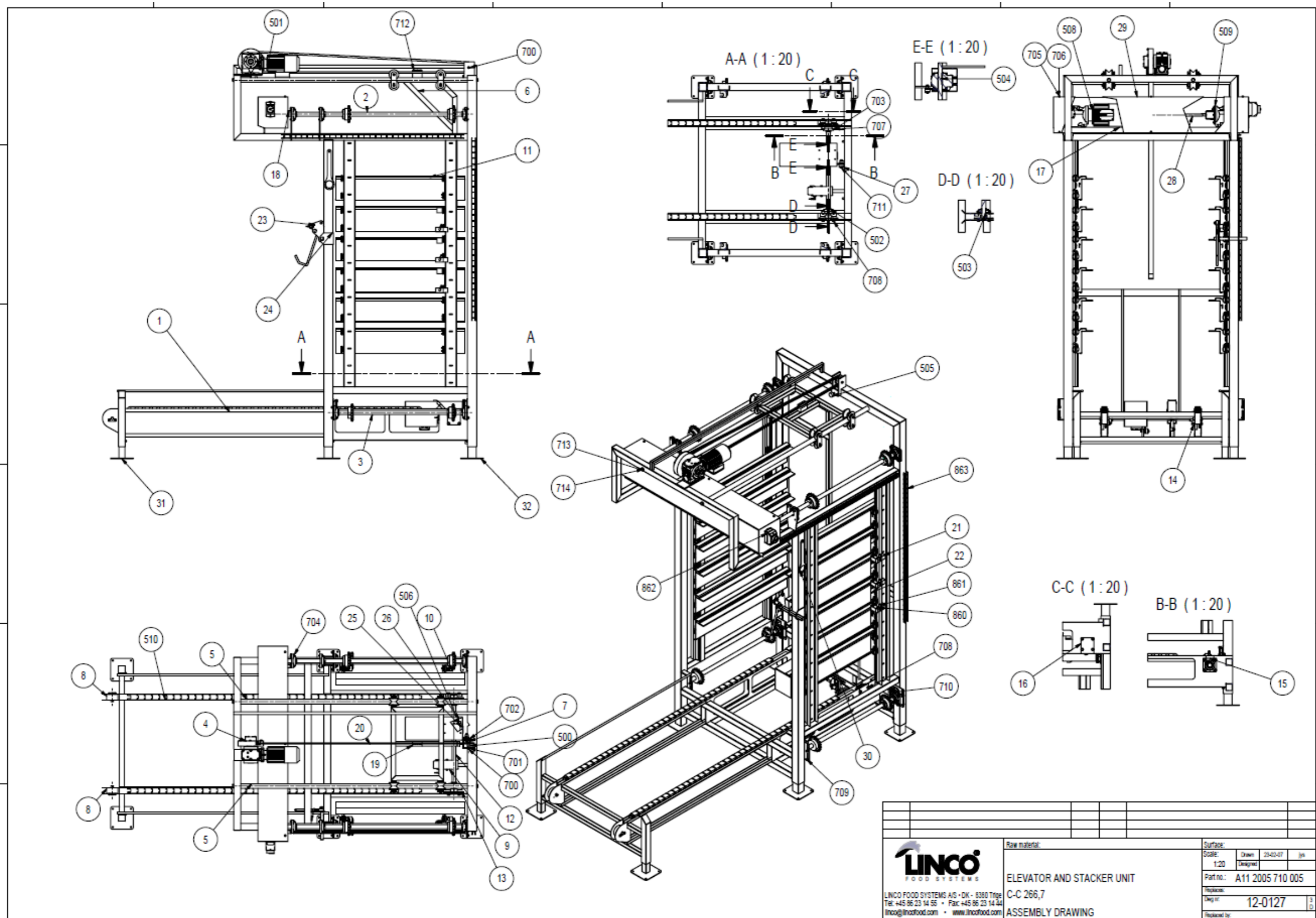


Figura 7.4 Unidad elevadora y apiladora



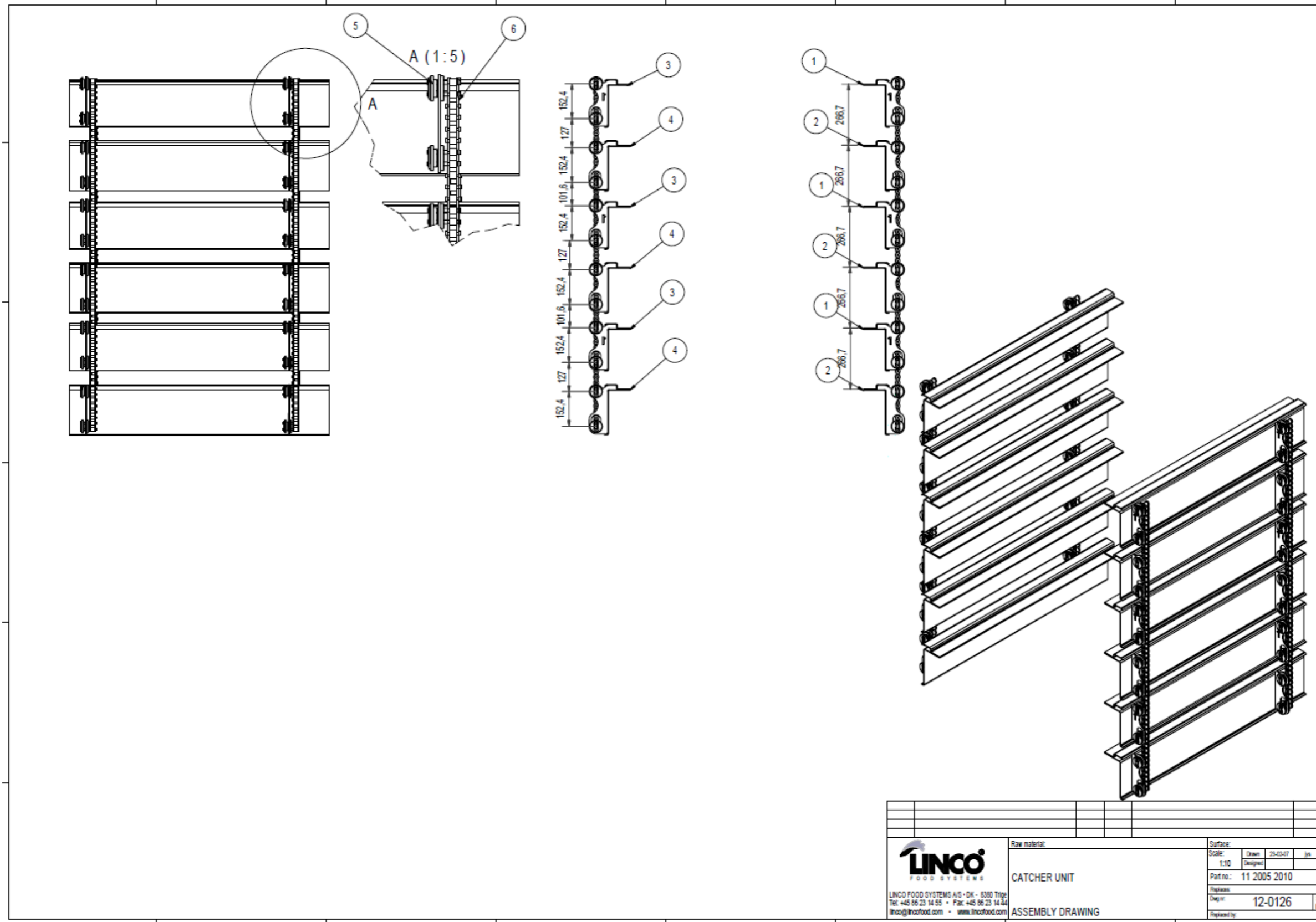


Figura 7.5 Unidad receptora.

**7.1.5. Unidad de empuje para cinco cajas Maxi Load.**

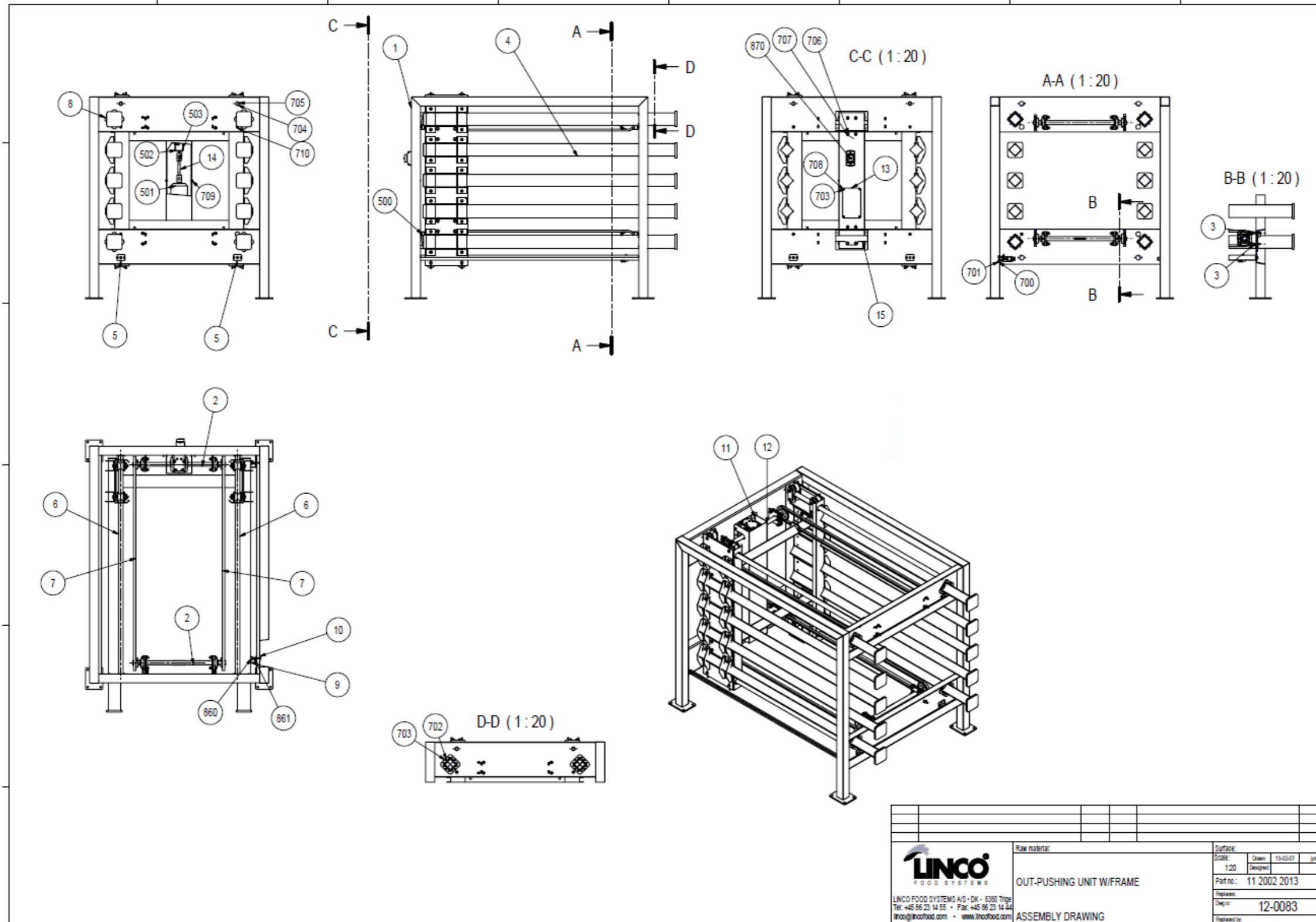


Figura 7.6 Unidad de empuje con marco

**7.1.6. Sistema de recepción vertical para cinco cajas Maxi Load.**

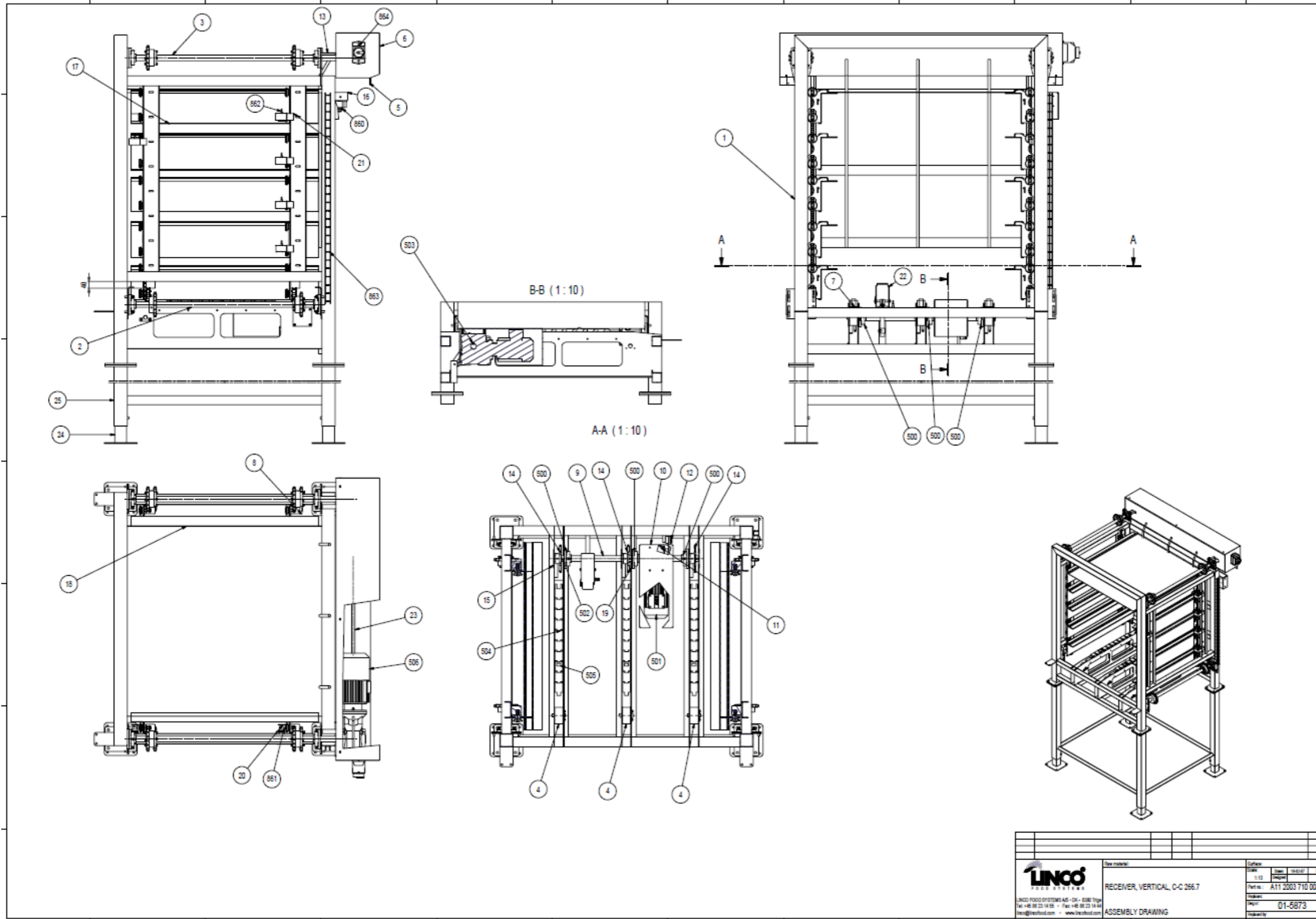


Figura 7.7 Sistema de recepción vertical.

## 7.1.7. Girador 180° de cajas

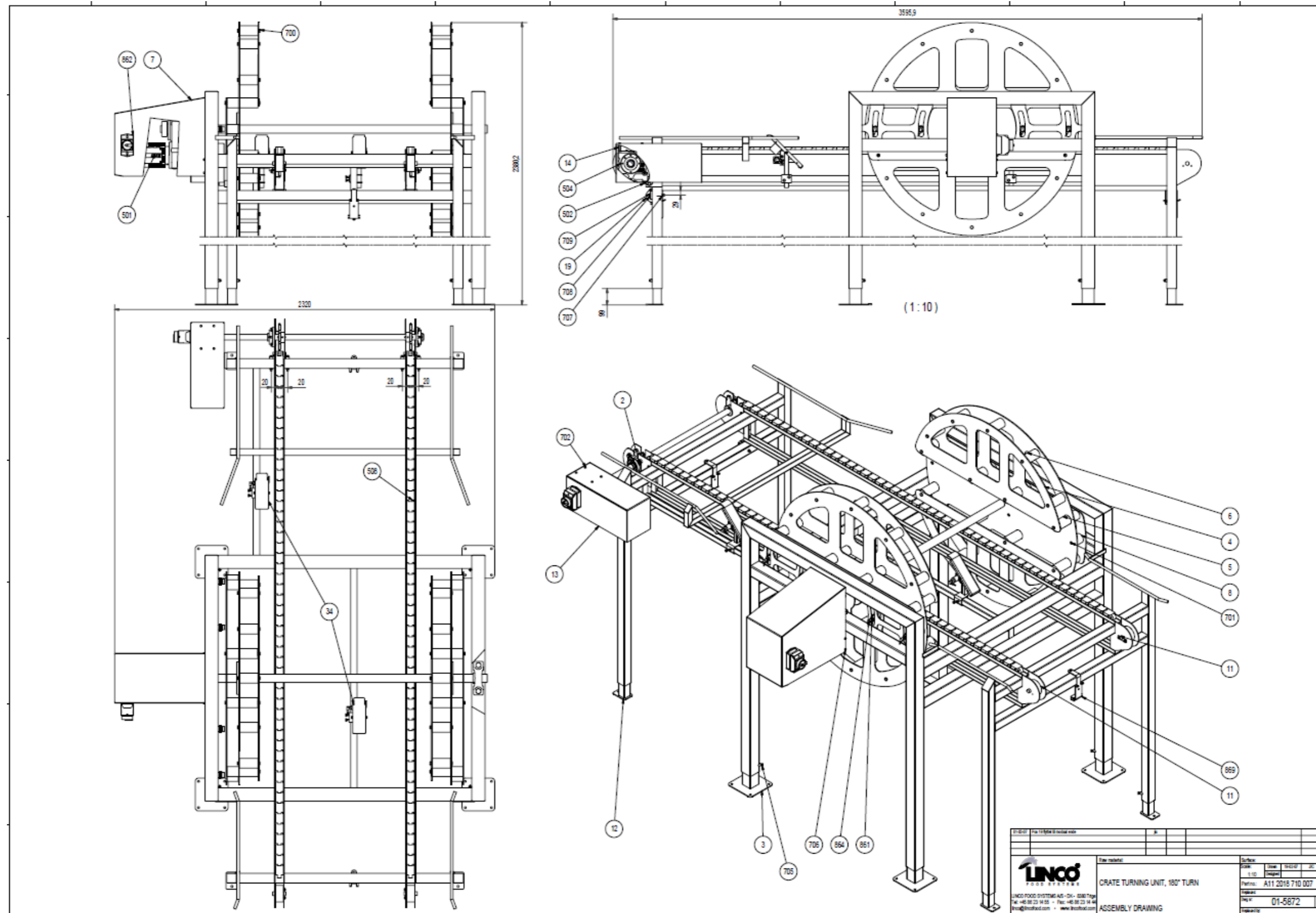


Figura 7.8 Girador de cajas.

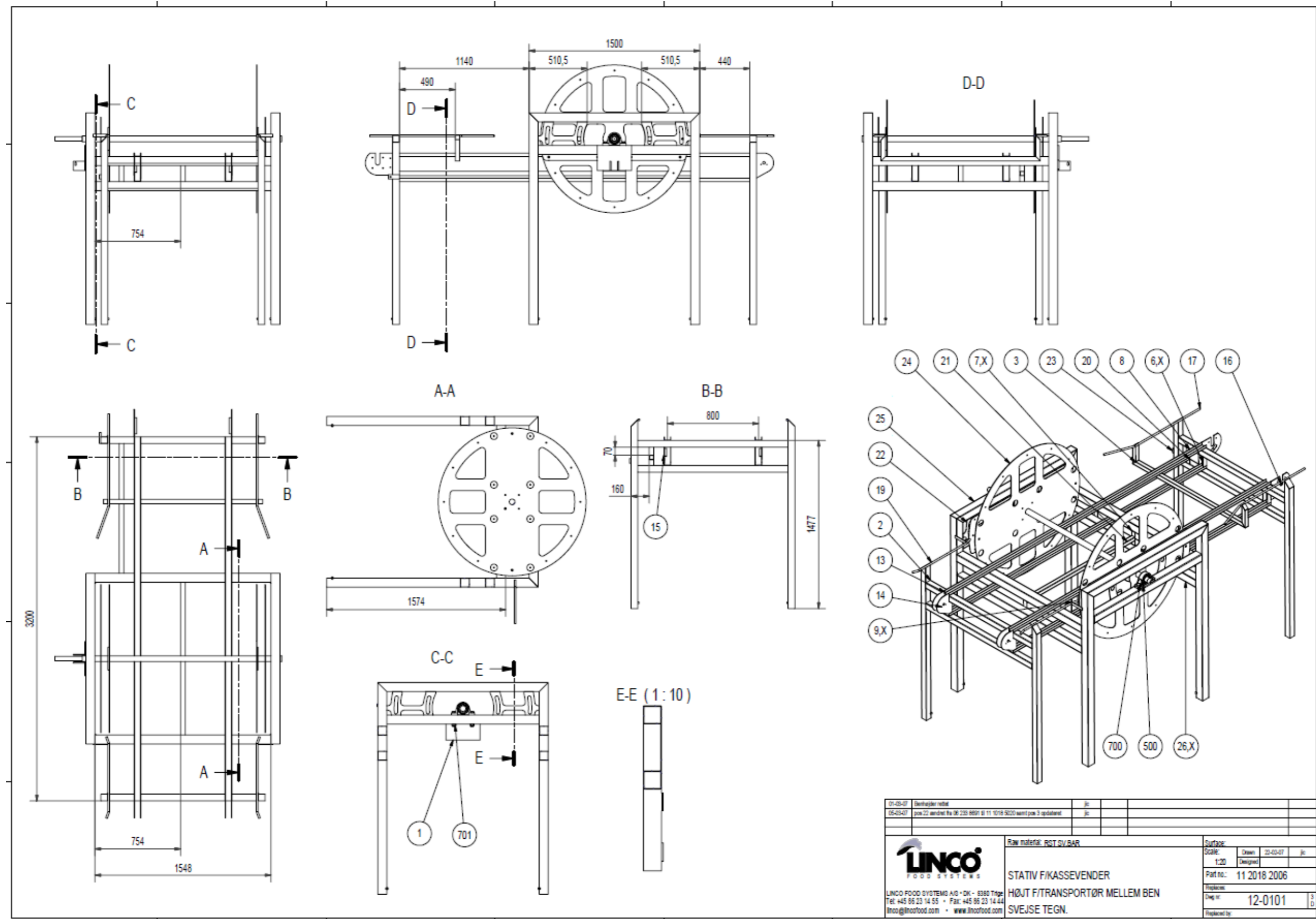


Figura 7.9 Girador de cajas.