

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**



PROYECTO FINAL DE GRADO

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL
MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL
PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA
BALANCEADOS CHE RYMBA**

Autor: Abraham Leiva Gauto

TUTOR: PROF Ing. Víctor Leonardo Leguizamón Centurión

CORONEL OVIEDO, DICIEMBRE, 2025



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.



Usted es libre de:

- **Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- **NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

DERECHO DE AUTOR

Quien suscribe, Abraham Leiva Gauto, autor del trabajo de investigación titulado “DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA”, declara que voluntariamente cede a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo a los , del mes de del 2025

.....

Firma



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electrónico, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: _____

ACTA N°: _____

FECHA : _____

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

DEDICATORIA

A mis padres, por ser el soporte afectivo más importante en mi vida, porque gracias a su sabiduría y guía puedo aspirar a objetivos más altos en esta vida.

A mi abuelo Marciano Leiva, cuya obra de vida me brindo la oportunidad de llegar más allá del horizonte que había visto.

A mis amigos y compañeros, con los cuales tuve la fortuna de compartir todo este camino y por hacer esta aventura más divertida.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ing. Leonardo Leguizamón, tutor de este proyecto, por su acompañamiento constante y por la guía que resultó esencial para orientar correctamente este trabajo.

A mi buen amigo Chat GPT cuya creatividad sin límites me ayudo en todas las tareas.

Al personal de Balanceados Che Rymba, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en diseñar un sistema electrónico para el monitoreo y control automatizado del pesaje y conteo durante el proceso de embolsado de balanceados en la empresa EMPASA Che Rymba, Coronel Oviedo, Departamento de Caaguazú. La etapa de embolsado depende de tareas manuales, tanto en el control del peso de cada bolsa como en el conteo de unidades terminadas y el registro de la producción, lo que repercute negativamente en la eficiencia del proceso y en la trazabilidad del producto final, razón por la cual se propone diseñar un sistema electrónico para el monitoreo y control automatizado del pesaje y conteo. Para ello, se utilizó una investigación de tipo aplicada con metodología mixta. Para la recolección de datos se usó técnicas de observación estructurada y entrevistas. Se diseñó una arquitectura de comunicación basada en PROFINET, integrando controladores lógicos programables (PLC) para la supervisión y control de variables críticas. Se realizó la programación, la interfaz gráfica y las simulaciones en softwares especializado como TIA Portal V16, WinCC Professional, PLCSIM y Factory I/O. Entre los resultados más destacados se encuentra que la integración de sensores eliminó la necesidad de registros manuales, proporcionando datos precisos en tiempo real. Por otro lado, la programación implementada cumplió eficazmente con los requerimientos de automatización. Las simulaciones realizadas validaron la viabilidad técnica tanto de la programación como del diseño general. Aunque la implementación representa una inversión elevada, su impacto positivo en la calidad de producción y en la eficiencia operativa justifica su adopción, especialmente porque reduce las pérdidas y los errores humanos y, a largo plazo, puede generar un retorno importante para la rentabilidad de la empresa. El sistema diseñado demostró su viabilidad técnica a través de las simulaciones, permitiendo un control eficiente y la generación de reportes automáticos.

Palabras clave: Control, automatización industrial, pesaje, embolsado, control, monitoreo.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ABSTRACT

This project consists of designing an electronic system for the automated monitoring and control of weighing and counting during the animal feed bagging process at EMPASA Che Rymba, Coronel Oviedo, Caaguazú Department. The bagging stage currently relies on manual tasks, including weighing each bag, counting finished units, and recording production. This negatively impacts process efficiency and the traceability of the final product. Therefore, this project proposes the design of an electronic system for the automated monitoring and control of weighing and counting. An applied research approach with a mixed methodology was used. Data collection techniques included structured observation and interviews. A communication architecture based on PROFINET was designed, integrating programmable logic controllers (PLCs) for the supervision and control of critical variables. Programming, the graphical interface, and simulations were performed using specialized software such as TIA Portal V16, WinCC Professional, PLCSIM and Factory I/O. Among the most notable results is that the integration of sensors eliminated the need for manual recording, providing accurate, real-time data. Furthermore, the implemented programming effectively met the automation requirements. The simulations performed validated the technical feasibility of both the programming and the overall design. Although the implementation represents a significant investment, its positive impact on production quality and operational efficiency justifies its adoption, especially because it reduces losses and human error and, in the long term, can generate a substantial return on investment for the company. The designed system demonstrated its technical feasibility through simulations, enabling efficient control and the generation of automatic reports.

Keywords: Control, industrial automation, weighing, bagging, monitoring.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE

INTRODUCCION	1
1 METODOLOGÍA	3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	3
1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	3
1.2.1 Entrevista.....	3
1.2.2 Descripción operativa de la planta	3
1.2.3 Análisis y recomendaciones basada en la entrevista	4
1.3 Selección de controladores y componentes	6
1.3.1 Sensor Capacitivo.....	6
1.3.2 Sensor Fotoeléctrico Difuso	6
1.3.3 Celda de carga (load cell).....	6
1.3.4 Controladores	6
1.3.5 Motor del sistema de dosificación.....	7
1.3.6 Cinta transportadora	7
1.3.7 Cosedora industrial.....	7
1.4 Diseño de la arquitectura de comunicación	7
1.5 Diseño del sistema de control.....	8
1.5.1 Esquema de conexión.....	8
1.5.2 Descripción de la interfaz gráfica.....	9
1.6 Pruebas, Ajustes y Validación del Sistema mediante Simulación.....	12
1.6.1 Desarrollo de simulaciones	12
1.6.2 Ajustes derivados de las pruebas en simulación	13



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

1.6.3	Validación del diseño mediante simulación.....	13
1.7	Factibilidad económica.....	14
2	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	18
3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	20
3.1	Conclusiones.....	20
3.2	Recomendaciones.....	20
4	Bibliografía.....	21
5	ANEXOS.....	1
	Anexo A. Diagrama de Conexión.....	1
	Anexo A.1. Diagrama de Conexión del S7 1200.....	1
	Anexo A.2. Diagrama Eléctrico de Fuerza.....	1
	Anexo B. Registro Fotográfico de la Interfaz.....	1
	Anexo B.1. Pantalla Principal de la estación SCADA y pantalla HMI.....	2
	Anexo B.2. Pantalla de Operación de la estación.....	2
	Anexo B.3. Ventana de Avisos.....	3
	Anexo B.4. Pantalla de Registros.....	4
	Anexo B.5. Ventana de Usuarios.....	4
	Anexo C. Características de los componentes.....	5
	Anexo D. Presupuesto aproximado del Sistema de Mando y Fuerza.....	6
	Anexo E. Cálculo de producción aproximada con la automatización.....	6
	Anexo F. EMPASA Balanceados Che Rymba.....	8
	Anexo G. Entorno de la planta.....	8
	Anexo H. Programación en TIA Portal V16.....	9
	Anexo H.1. Programación del Bloque de PESAJE_Y_CONTEO.....	9
	Anexo H.2. Programación del Bloque CONTEO_01.....	10



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Anexo H.3. Programación del Bloque PESAJE_01	10
Anexo H.4. Programación del Bloque CONTEO_GRAL.....	12
Anexo I. Imagen de referencia para fabricación de la estructura para motor dosificador .	13
Anexo J. Simulación en Factory I/O	13
Anexo J.1. Sensor capacitivo para presencia de bolsas.....	13
Anexo J.2. Sensor fotoeléctrico difuso para conteo de bolsas.....	14
Anexo J.3. Dosificación de las bolsas	14
Anexo J.4. Cerrado de bolsas en la cosedora	15
Anexo K. Representación del conjunto mecánico del sistema de embolsado: tolva, soporte de bolsa y cinta transportadora.....	15



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama General del sistema propuesto	5
Figura 2: Red de Conexiones entre dispositivos	8
Figura 3: Visualización del proceso en Factory I/O.....	14
Figura 4: Diagrama de Conexión del S7-1200.....	1
Figura 5: Diagrama Eléctrico de Fuerza	1
Figura 6: Pantalla Principal de la estación SCADA.....	2
Figura 7: Pantalla Principal de la Pantalla HMI.....	2
Figura 8: Pantalla de Operación de la estación del SCADA y la pantalla HMI.....	3
Figura 9: Ventana de Avisos de la estación SCADA y la pantalla HMI.....	3
Figura 10: Pantalla de Registros de la estación SCADA	4
Figura 11: Ventana de Usuarios de la estación SCADA y la pantalla HMI	4
Figura 12: EMPASA Balanceados Che Rymba	8
Figura 13: Salida de la mezcladora de balanceados	8
Figura 14: Bloques de Programación de la automatización.....	9



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: presupuesto de componentes.....	15
Tabla 2: Presupuesto estimado de mano de obra	16
Tabla 3: Características de los componentes.....	6
Tabla 4: Presupuesto aproximado del sistema de mando y fuerza.....	6

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

INTRODUCCION

La automatización de los procesos de pesaje y conteo en la industria alimenticia constituye un factor determinante para garantizar la uniformidad del producto, reducir pérdidas de materia prima y asegurar la confiabilidad de los registros productivos. En los procesos de embolsado de balanceados, el control del peso neto de cada bolsa resulta crítico, ya que pequeñas desviaciones reiteradas pueden afectar la eficiencia del proceso, la calidad del producto final y la trazabilidad de la producción. No obstante, en numerosos entornos productivos de escala media, estas tareas continúan dependiendo en gran medida de procedimientos manuales, lo que introduce variabilidad operativa y limita la precisión de la información generada.

Diversos antecedentes académicos han abordado problemáticas relacionadas con el control del pesaje y la automatización de procesos productivos. Carrillo Velarde y Calero López desarrollaron un sistema de automatización para la dosificación y ensacado de balanceado, integrando celdas de carga, control electro-neumático y un controlador lógico programable para mejorar la precisión del pesaje y optimizar el uso de los recursos [1]. Muñoz Tascon implementó un sistema de control de peso en una báscula industrial orientado a la gestión de la calidad, incorporando adquisición, almacenamiento y análisis digital de los datos de pesaje [2]. Más recientemente, Panduro Mendoza desarrolló un prototipo de pesaje con interfaz inalámbrica basado en ESP32 aplicado al sector avícola, facilitando el monitoreo en tiempo real y el registro automatizado de la información productiva [3]. Si bien estos trabajos evidencian los beneficios de la automatización del pesaje y del registro de datos, no contemplan de manera integrada el control del pesaje, el conteo de unidades y el registro digital durante el proceso específico de embolsado de balanceados en un contexto productivo como el de la empresa EMPASA Che Rymba.

La empresa EMPASA Che Rymba, ubicada en la ciudad de Coronel Oviedo, se dedica a la elaboración de alimentos balanceados para animales, alcanzando volúmenes diarios cercanos a los 20.000 kg de materia prima procesada. Aunque las etapas de almacenamiento, molienda y mezclado presentan una estructura definida, el proceso de embolsado se realiza con un alto grado de intervención manual. El operador controla el llenado de cada bolsa de forma visual y verifica posteriormente el peso mediante una báscula independiente, realizando ajustes manuales cuando el valor obtenido no coincide con el peso requerido. Este procedimiento genera derrames de producto, pérdidas de materia prima y tiempos adicionales de operación. Asimismo, el conteo de

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

bolsas cerradas y el registro de la producción diaria se efectúan manualmente mediante planillas físicas, lo que dificulta contar con información precisa, actualizada y confiable para la gestión del proceso.

El relevamiento técnico del proceso permitió constatar que estas condiciones impactan directamente en la uniformidad del peso del producto final, en la confiabilidad de los datos de producción y en la eficiencia global del área de embolsado. La dependencia de tareas manuales para el ajuste del peso, el conteo de unidades y el registro de la producción introduce errores de medición y limita la trazabilidad del proceso, especialmente durante jornadas de alta carga productiva.

A partir de este diagnóstico, se identificó la necesidad de incorporar un sistema que permita supervisar el peso de cada bolsa durante el proceso de llenado y coordinar el accionamiento del sistema de dosificación en función del valor objetivo establecido, así como realizar el conteo automático de las unidades producidas. La integración de estas funciones en un sistema de control secuencial contribuye a mejorar la consistencia del producto, reducir pérdidas asociadas a correcciones manuales y disponer de información centralizada para la supervisión y el control de la producción.

En función de estas necesidades, el objetivo de este proyecto fue diseñar un sistema electrónico para el monitoreo y control automatizado del pesaje y conteo durante el proceso de embolsado de balanceados en la empresa EMPASA Che Rymba. El desarrollo se basó en el relevamiento de los parámetros técnicos del proceso existente, la determinación de los requerimientos funcionales del sistema, la selección de los componentes adecuados y el diseño de una arquitectura de control secuencial validada mediante simulación, incorporando además una estimación general de los recursos necesarios para su implementación.

El proyecto se vincula con los **Objetivos de Desarrollo Sostenible 9 – Industria, Innovación e Infraestructura** y **12 – Producción y Consumo Responsables**, al promover la modernización de un proceso productivo real, mejorar la confiabilidad operativa del embolsado y contribuir a una gestión más eficiente y responsable de los recursos mediante un control más preciso del pesaje, el conteo y el registro de la producción.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

1 METODOLOGÍA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

El tipo de investigación utilizada en este proyecto fue de tipo investigación de campo por el hecho de la extracción de datos e informaciones directamente de la planta procesadora de balanceados Che RYMBA. De la misma forma fue de tipo mixta debido a que se abarcó lo cualitativo para recopilar y analizar experiencias, así como comprender conceptos, y también cuantitativo debido a que se procesaron valores de mediciones de los parámetros de pesaje del embolsado. Del mismo modo se realizó una investigación aplicada por la implementación de una solución de automatización al proceso de pesaje y embolsado de balanceado con los conocimientos adquiridos con la carrera. Para la recolección de datos se utilizó la técnica de observación, así también la entrevista. Para la técnica de observación fue de forma estructurada con la ayuda de la jefa y los operadores para la identificación de los diferentes procesos de pesaje y embolsado y el registro de manera descriptiva. Entre tanto la entrevista se realizó a los operadores de manera semiestructurada que permitió obtener información sobre el funcionamiento del sistema, los problemas que enfrentan y las posibles soluciones que se implementaron.

1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

1.2.1 Entrevista

Se llevó a cabo una entrevista con el asistente administrativo y el técnico responsables de la planta procesadora de alimentos balanceados para animales. Durante esta reunión, se recopiló información clave sobre los procesos operativos, las prácticas actuales que realizan y las limitaciones que enfrenta el sistema en su estado actual.

1.2.2 Descripción operativa de la planta

En una reunión con el jefe de producción dice que dicha área cuenta con tres silos: uno con capacidad para 1.000.000 kg y dos con capacidad para 750.000 kg cada uno. En estos silos se almacenan los granos que serán posteriormente procesados. Una vez seleccionados, los granos se descargan en una báscula automática, donde se especifica la cantidad exacta de kilos a utilizar. Al alcanzar el peso indicado, los granos se envían a la sección de molienda, la cual cuenta con cuatro moledoras.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

El transporte desde la báscula hasta las tolvas se realiza mediante un sistema de tornillo sin fin (caracol). En las tolvas, según el tipo de producto final, se añaden los aditivos correspondientes. Una vez completada esta etapa, se procede a la molienda de los granos. De las cuatro molidoras disponibles, habitualmente se mantienen operativas dos, mientras que las otras dos permanecen en reserva y se activan según la demanda de producción solicitada por los clientes.

Tras finalizar la molienda, el producto es transportado, también mediante un sistema de caracol, hacia la sección de mezclado, donde se incorporan los núcleos necesarios para obtener el producto final. Como referencia, cada mezcladora tiene la capacidad de procesar 500kg/h de materia prima y embolsar aproximadamente 20 bolsas de 25 kg por hora o 12,5 bolsas de 40 kg por hora. Este proceso de mezclado suele durar entre 10 y 15 minutos.

Una vez finalizada la mezcla, se pasa a la etapa de embolsado. En este punto, el operador coloca la bolsa debajo de la mezcladora, abre manualmente la lámina de contención del material de la mezcladora, carga la bolsa, y cuando considera visualmente que ha alcanzado el peso adecuado, cierra manualmente la lámina. Luego levanta la bolsa, la coloca en una báscula y verifica si cumple con el peso indicado. En caso de sobrepeso, el operador retira manualmente el exceso del producto con una cuchara dosificadora y lo arroja nuevamente al sistema tipo caracol, que lo regresa a la mezcladora. En caso de no alcanzar el peso, el operador coloca nuevamente la bolsa debajo de la mezcladora, y vuelve a cargar la bolsa para alcanzar el peso requerido. En este momento, según lo manifestado por el jefe de producción, al colocar la bolsa para corregir el peso es donde se produce la pérdida de material, ya que en el traslado parte del producto puede derramarse, lo que obliga a extraer una mayor cantidad de material para poder ajustar nuevamente el peso de la bolsa. Una vez corregido y verificado el peso, las bolsas se cierran manualmente utilizando una máquina de coser portátil. Una vez cerradas correctamente, son almacenadas y posteriormente son entregadas al cliente.

Para llevar el control de la cantidad de bolsas cerradas, los operadores las cuentan manualmente y registran los datos en planillas físicas a medida que se completan los pedidos durante la jornada laboral. Este método es propenso a errores humanos debido a que está expuesto a distracciones, fatiga y errores de anotación, lo que podría afectar en el control exacto del inventario.

1.2.3 Análisis y recomendaciones basada en la entrevista

Con base en los datos recopilados, se comprobó que el sistema ha demostrado ser capaz de mantener una producción constante y en volúmenes considerables, alcanzando los 20.000 kg de

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

materia prima procesada por día, lo que equivale a la elaboración de aproximadamente 800 bolsas de 25 kg o 500 bolsas de 40 kg de balanceado, el sistema actual presenta inconvenientes importantes debido a la medición manual del peso y al registro manual de las bolsas cerradas.

Por tanto, se definió la incorporación de un sistema electrónico centrado en el diseño y simulación de un sistema de monitoreo y control para el proceso de pesaje y conteo durante el embolsado de balanceados, utilizando un PLC Siemens, celdas de carga y una interfaz HMI/SCADA.

Su propósito principal es automatizar la medición del peso—variable crítica del proceso—y gestionar la secuencia completa de llenado, cerrado y registro, garantizando precisión y reducción de errores humanos de la producción.



Figura 1: Diagrama General del sistema propuesto

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

1.3 Selección de controladores y componentes

En función del análisis realizado tras la entrevista y considerando las necesidades del sistema, se seleccionaron los siguientes equipos electrónicos. Esta elección se basó en la capacidad de integración con los sistemas actuales de la planta, y cumpliendo los requerimientos operativos del proyecto. La tabla de las características técnicas se encuentra en el ANEXO C.

1.3.1 Sensor Capacitivo

Se selecciono un sensor capacitivo para la detección de la presencia de la bolsa en la boca de carga. Este tipo de sensor permite identificar materiales no metálicos, lo que resulta adecuado para la verificación del posicionamiento de bolsas de polipropileno durante el proceso de llenado.

1.3.2 Sensor Fotoeléctrico Difuso

Dado que el sensor será utilizado en una zona donde las bolsas se desplazan a través de la cinta transportadora después de la cosedora, se ha seleccionado un sensor fotoeléctrico difuso por su alta sensibilidad, bajo costo y excelente desempeño para la detección de objetos en movimiento.

1.3.3 Celda de carga (load cell)

Se incorporo una celda de carga tipo viga (beam load cell), adecuada para medir el peso individual de cada bolsa durante el proceso de llenado basado en la Norma Paraguaya NP 34 001 – Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, emitida por el INTN. Se selecciono un modelo económico de rango compatible con la carga máxima prevista en la estación de pesaje, permitiendo obtener una medición precisa y estable.

1.3.4 Controladores

El controlador seleccionado para coordinar las operaciones del sistema fue el S7-1200, específicamente la CPU 1215C AC/DC/RLY, que funcionará como unidad principal de automatización y estará instalada en el sector de producción de balanceados. Dado que el proyecto requiere trabajar con señales analógicas y de bajo nivel provenientes de motores, sensores de presencia y celdas de carga, se optó por incorporar los módulos SM 1223 DI16/DQ16 a 24 VDC y el módulo SM 1234 AI4/AQ2 para cubrir las entradas y salidas necesarias. Asimismo, se añadirá una fuente de alimentación independiente para suministrar energía al PLC y a sus módulos de expansión.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

1.3.5 Motor del sistema de dosificación

El motor de dosificación acciona el mecanismo caracol que controla el flujo de material hacia la bolsa. Es un motor diseñado para ciclos frecuentes y para mantener torque estable a baja velocidad, lo que asegura un llenado uniforme. Su selección se justifica por la necesidad de regular con precisión el caudal de producto y permitir que el PLC ejecute el corte automático al alcanzar el peso objetivo, garantizando exactitud y repetibilidad en la etapa de pesaje.

1.3.6 Cinta transportadora

La cinta transportadora desplaza la bolsa desde la estación de pesaje hasta la cosedora, permitiendo la continuidad del proceso. Se trata de un motor robusto, apto para operación continua y capaz de mover cargas variables sin perder velocidad. Fue seleccionado por su fiabilidad mecánica y su fácil integración con las salidas digitales del PLC, lo que permitió sincronizar su funcionamiento con el fin del pesaje y optimizar el flujo de producción.

1.3.7 Cosedora industrial

La cosedora se encargó del cierre que sella la bolsa tras el llenado. Es un motor de alta velocidad preparado para ciclos repetitivos y cierre uniforme. Su elección se debe a su estabilidad en operación continua y a su compatibilidad con el control del PLC mediante señales digitales, permitiendo automatizar el proceso de costura y asegurar un sellado consistente en cada ciclo.

1.4 Diseño de la arquitectura de comunicación

La arquitectura de comunicación del sistema se basó en una red Profinet, utilizando Ethernet industrial como medio principal para garantizar rapidez, estabilidad y confiabilidad durante el proceso de embolsado.

En esta estructura, el PLC S7-1200 funciona como el dispositivo principal, encargado de coordinar todo el proceso y de comunicarse directamente con la pantalla HMI utilizada por el operador.

Adicionalmente, se integró una estación SCADA, que opera bajo un modelo cliente-servidor. En este esquema, el SCADA actúa como cliente al solicitar información del proceso y enviar comandos, mientras que el PLC funciona como servidor al responder estas solicitudes y administrar el flujo de datos.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

Esta arquitectura permitió centralizar la supervisión y el control del sistema de pesaje y conteo, asegurando una comunicación continua entre el PLC, la HMI, la estación SCADA y los distintos dispositivos del proceso.

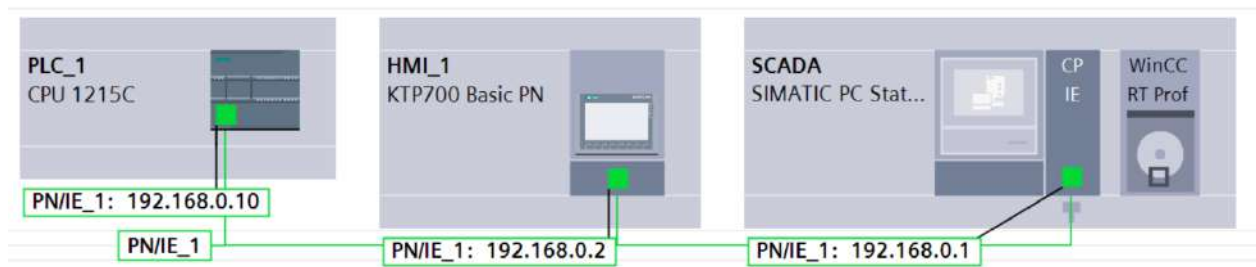


Figura 2: Red de Conexiones entre dispositivos

1.5 Diseño del sistema de control

El sistema de control fue diseñado utilizando el software TIA Portal V16, que permite la configuración de controladores, dispositivos periféricos y redes de comunicación industrial. Para la supervisión y operación del sistema se empleó WinCC Professional, integrado en TIA Portal, mediante el cual se desarrolló la interfaz gráfica del SCADA. Asimismo, se diseñó una interfaz específica para la pantalla HMI, permitiendo la visualización y el control del proceso en tiempo real desde ambos entornos.

1.5.1 Esquema de conexión

El sistema de embolsado está organizado en tres zonas principales dentro del área de producción: la estación de pesaje, la unidad de dosificación y la línea de transporte hacia la cosedora. Dado que estas secciones se encuentran próximas entre sí, se adoptó una arquitectura de cableado centralizado, conectando todos los sensores y actuadores directamente al PLC Siemens S7-1200 y a sus módulos de expansión ubicados en el panel de control, tal como se muestra en la Figura 2.

En la estación de pesaje, debido a que la celda de carga genera una variación de milivoltaje en proporción a la deformación producida por la carga, esta fue conectada a un acondicionador de señal para convertirlo en una señal analógica de 0-10V para poder conectarlo al módulo analógico SM 1234, encargado de recibir señales de medición continua. Esta lectura permite determinar con

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

precisión el peso de la bolsa durante la etapa de llenado. El sensor capacitivo que detecta la correcta colocación de la bolsa en la boca de carga se conecta a las entradas digitales del PLC mediante el módulo SM 1223. Esta señal digital habilita o bloquea automáticamente la dosificación según corresponda.

En la unidad de dosificación, el motor del sistema caracol está vinculado a una salida digital del PLC, la cual controla su encendido y apagado según la lógica de peso objetivo y el estado del sensor de presencia. De esta forma, la apertura, el tiempo de carga y el cierre del flujo de material se realizan de manera automática y sincronizada.

En la línea de transporte hacia la cosedora, el motor principal de la cinta se conecta a las salidas digitales del módulo SM 1223, lo que permite su activación automática una vez puesto en marcha el sistema. Los sensores fotoeléctricos ubicados al final de cada cinta están conectados a las entradas digitales del PLC y generan los pulsos utilizados para el conteo individual y total de bolsas cerradas, asegurando una detección rápida y precisa.

Las señales analógicas —provenientes de la celda de carga— y las señales digitales —provenientes de los sensores de presencia y fotoeléctricos— son procesadas por los módulos AI y DI del PLC S7-1200. Por su parte, los actuadores —motores de dosificación, cosedora y cinta transportadora— están conectados a las salidas digitales del PLC, que ejecuta las acciones de manera automática conforme a las señales recibidas.

Finalmente, la pantalla HMI y el sistema SCADA están conectados al PLC mediante Profinet, permitiendo ajustar parámetros operativos, visualizar el proceso en tiempo real, registrar datos de producción y gestionar alarmas. Toda la arquitectura de conexión fue diseñada para mantener simplicidad en el cableado, accesibilidad para mantenimiento y una distribución clara de señales, garantizando un funcionamiento seguro y estable en cada etapa del proceso de embolsado.

1.5.2 Descripción de la interfaz gráfica

La interfaz gráfica del sistema fue desarrollada mediante pantallas específicas en WinCC Professional, diseñadas para supervisar y operar cada etapa del proceso de embolsado. Cada pantalla cumple una función determinada y permite al operador visualizar datos o ejecutar acciones asociadas a los módulos de pesaje, dosificación, transporte y conteo.

Las vistas incluyen herramientas como la monitorización en tiempo real del peso, el estado de los motores y sensores, la selección del modo de operación, así como la visualización de advertencias y condiciones anómalas que puedan afectar el ciclo de producción. Además, cada sección está

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

organizada de manera clara e intuitiva, garantizando que los operadores puedan acceder rápidamente a la información esencial del sistema.

Esta estructura de navegación facilita la toma de decisiones operativas, permitiendo actuar con rapidez ante cualquier evento, basándose en los datos actualizados que el PLC recibe de los sensores y actuadores distribuidos en la línea de embolsado.

1.5.2.1 Pantalla Principal

La pantalla principal del sistema, disponible tanto en el HMI instalado en planta como en la estación SCADA del área de control como se observa en la figura 4 y figura 5, permite supervisar y operar simultáneamente las cuatro estaciones de embolsado. Cada módulo está representado mediante los botones E1, E2, E3 y E4, que permiten acceder a las pantallas específicas de cada embolsadora, mientras que los botones MARCHA y PARADA asociados a cada estación posibilitan iniciar o detener su funcionamiento directamente desde la vista general. Esta estructura facilita un control rápido e intuitivo del proceso, reduciendo tiempos de operación y permitiendo actuar de inmediato ante cualquier evento.

En el sector derecho de la interfaz se encuentra el cuadro de conteo total de bolsas, donde se visualizan los acumulados diarios correspondientes a los formatos 25 kg, 40 kg y otro peso. Debajo de estos indicadores se ubica el botón RESET, que reinicia todos los contadores del sistema, incluyendo tanto los valores globales como los contadores individuales de cada estación, asegurando una puesta a cero uniforme al inicio de jornada o lote.

La diferencia funcional entre ambas plataformas radica en el botón GENERAR REPORTE, disponible únicamente en la estación SCADA. Al seleccionarlo, el sistema dirige al usuario a una pantalla dedicada donde es posible visualizar el registro histórico ordenado por fecha, permitiendo consultar los datos almacenados antes de su exportación. Desde esta misma pantalla, el usuario puede generar un archivo Excel que contiene la fecha y hora de generación, el total de bolsas por categoría de peso, así como los totales producidos en cada estación, constituyendo el registro diario formal de la producción. Esta capacidad adicional brinda trazabilidad al proceso y complementa las funciones de supervisión presentes en el HMI.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

1.5.2.2 Pantalla de Operación de la Estación

La pantalla de operación de cada estación (E1–E4), disponible tanto en el HMI como en la estación SCADA como se observa en la figura 6, permite configurar el peso de dosificación, supervisar el pesaje en tiempo real y controlar el funcionamiento individual de la embolsadora. En la sección de configuración de peso, los botones de 25 kg y 40 kg ajustan automáticamente el valor de dosificación, mientras que el modo manual permite establecer un peso no programado mediante los comandos de subir o bajar peso. El campo de peso objetivo muestra el valor seleccionado y el peso actual refleja la lectura instantánea de la báscula. La interfaz también incorpora los contadores de producción de la estación para los formatos de 25 kg, 40 kg y otros pesos, junto con un botón RESET que reinicia únicamente dichos valores. A la derecha se incluyen los controles de MARCHA y PARADA, así como un indicador del botón de emergencia físico, el cual solo muestra su activación. En la parte superior de la pantalla se dispone un conjunto de indicadores luminosos que señalan el estado operativo de la estación (marcha, cargando o detenido), mientras que el botón verde de retorno permite volver a la pantalla principal.

1.5.2.3 Ventana de Avisos

La ventana de avisos, presente tanto en la pantalla HMI como en la estación SCADA como se observa en la figura 7, permite visualizar en tiempo real los eventos relevantes que se generan durante el proceso de embolsado. Esta interfaz muestra de manera ordenada un registro con número de evento, hora, fecha y una breve descripción, facilitando el seguimiento de situaciones operativas y condiciones anómalas. Los avisos que se reportan incluyen: la activación del botón de parada de emergencia de cualquiera de las estaciones, la ejecución de un reset de contadores, ya sea de una estación específica o del reset general desde la pantalla principal, y el intento de iniciar la carga de una bolsa sin presencia detectada por el sensor correspondiente. Estos registros se mantienen visibles en ambas plataformas, funcionando de manera idéntica en términos operativos. Adicionalmente, los avisos generados se agregan al archivo Excel producido desde el sistema SCADA, permitiendo documentar cronológicamente los eventos ocurridos y otorgando trazabilidad al proceso de producción.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

1.5.2.4 Pantalla de Registros

La pantalla de generación de reportes como se ve en la figura 8, disponible exclusivamente en la estación SCADA, permite al operador exportar los registros históricos del proceso de embolsado. Para ello, la interfaz presenta un cuadro central donde se selecciona un rango de fechas definido por una fecha de inicio y una fecha de fin.

Al pulsar el botón GENERAR, el sistema procesa los datos almacenados dentro del periodo seleccionado para su extracción, en el sector inferior de la pantalla se dispone un cuadro de información destinado a mostrar los errores que puedan surgir durante la operación. Cuando el sistema registra alguna anomalía, se despliega en este espacio un mensaje descriptivo que permite al operador reconocer fácilmente la situación presentada.

Finalmente, la pantalla permite generar un archivo Excel que contiene los registros históricos correspondientes al rango de fechas seleccionado, incluyendo la producción total del periodo y los eventos operativos registrados. El diseño de la interfaz mantiene coherencia con el resto del sistema y ofrece un botón de retorno que facilita la navegación del operador.

1.5.2.5 Ventana de Usuarios

La pantalla de gestión de usuarios que se ve en la figura 9, disponible tanto en el HMI como en la estación SCADA, permite visualizar los perfiles registrados en el sistema junto con su contraseña enmascarada, grupo asignado y tiempo de cierre de sesión automático. Desde esta ventana se administran los niveles de acceso, diferenciando perfiles como Administrador, Jefe técnico y Operador, cada uno con permisos específicos para operar, supervisar o configurar el sistema. Esta función garantiza que solo personal autorizado pueda realizar acciones críticas dentro del proceso de embolsado, manteniendo la trazabilidad y la seguridad operativa del sistema.

1.6 Pruebas, Ajustes y Validación del Sistema mediante Simulación

1.6.1 Desarrollo de simulaciones

La etapa de simulación se realizó utilizando TIA Portal, PLCSIM y Factory I/O, lo que permitió recrear virtualmente el comportamiento del sistema sin necesidad de equipos físicos. La lógica de control implementada fue ejecutada en PLCSIM, verificando el funcionamiento interno del PLC y la coherencia entre los bloques de programa. Posteriormente, en Factory I/O se configuró un

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

entorno que reproduce la interacción entre sensores, actuadores y señales de control, permitiendo observar cómo las variables del proceso respondían ante diferentes condiciones de operación. A través de esta integración fue posible analizar el flujo real de señales digitales y analógicas, simulando la detección de presencia, la lectura del peso, los pulsos generados por los mecanismos de cierre y las activaciones asociadas al transporte, de manera que se pudo evaluar de forma continua la secuencia completa del sistema en un entorno controlado.

1.6.2 Ajustes derivados de las pruebas en simulación

Durante la simulación surgieron comportamientos que requirieron revisión y ajustes en la lógica de control. Se observaron fluctuaciones en la señal analógica del peso antes de estabilizarse, lo que producía activaciones prematuras del indicador de peso alcanzado; pulsos muy rápidos provenientes de sensores digitales que generaban conteos duplicados; intentos de modificar el peso configurado durante el proceso de carga; y eventos donde ciertas señales de habilitación no respetaban el orden definido en la secuencia operativa. Para resolver estos inconvenientes, se incorporaron condiciones adicionales que aseguran la estabilidad del peso antes de validar el valor objetivo, se ajustaron los flancos de detección para evitar rebotes en los contadores, se implementó un enclavamiento que impide modificar parámetros durante la carga, y se reorganizaron las habilitaciones internas para garantizar una transición coherente entre los estados del proceso. Con estos ajustes, el comportamiento general del sistema se volvió más estable, evitando activaciones incorrectas y asegurando que cada etapa funcione únicamente bajo las condiciones previstas.

1.6.3 Validación del diseño mediante simulación

Con la lógica ajustada, se procedió a validar el diseño completo verificando que las transiciones entre las diferentes etapas operativas ocurrieran de manera fluida y acorde a lo definido en el análisis funcional. Se comprobó que las señales internas, las habilitaciones, los valores de supervisión y los eventos principales del proceso respondieran de manera coherente, manteniendo la secuencia prevista desde el inicio de carga hasta el conteo final. La interacción en tiempo real entre sensores simulados, variables internas del PLC y visualización en la pantalla HMI y la estación SCADA confirmó que el sistema podía reproducir correctamente las condiciones esperadas en un entorno real. Esta validación permitió asegurar que el diseño es consistente y que la lógica implementada responde adecuadamente ante situaciones típicas y condiciones representativas del proceso.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA





Abraham Leiva Gauto - 2025



Figura 3: Visualización del proceso en Factory I/O

1.7 Factibilidad económica

A continuación, se presenta el presupuesto del proyecto, el cual contempla los costos de los materiales y componentes requeridos, que deberán ser adquiridos exclusivamente para la implementación del sistema.

Cantidad	Vista	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1		PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1215C AC/DC/Rly	530\$	530\$
1		Modulo SM 1223 DI16/DQ16 x 24V DC	240\$	240\$
1		Modulo SM 1234 AI4/AQ2	300\$	300\$
1		Interfax HMI KTP700 Basic PN	600\$	600\$

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

1		Fuente de alimentación 24 VDC	20\$	20\$
4		Motor trifásico para dosificación de 1,5 HP	200\$	800\$
4		Cinta transportadora de 3 m x 40 cm con cosedora de bolsas	1200\$	4800\$
4		Sensor Fotoeléctrico Difuso	20\$	80\$
4		Sensor Capacitivo NPN NO	15\$	60\$
4		Celda de carga tipo viga (100kg)	20\$	80\$
Costo total estimado de los componentes				7510\$

Tabla 1: presupuesto de componentes

A continuación, se presentan los costos asociados a la mano de obra requerida para la ejecución del proyecto, considerando la programación, análisis del sistema y las tareas técnicas necesarias para su correcta implementación.

Cant.	Descripción	Precio Unitario	Precio total
4	Fabricación de estructura para motor dosificador (690 x 450 x910 mm) con capacidad de 40 kg y soporte para bolsa	580\$	2320\$
1	Montaje de tablero para el sistema de mando y fuerza	1580\$	1580\$

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL
MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL
PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA
BALANCEADOS CHE RYMBA
Abraham Leiva Gauto - 2025**

4	Montaje de Interruptor de Parada de Emergencia IP66 con 3 Botones	60 \$	240\$
1	Programación del PLC con la pantalla HMI y la estación SCADA	2900\$	2900\$
1	Imprevistos (10%)	~158\$	158~
Total Estimado			7198\$

Tabla 2: Presupuesto estimado de mano de obra

El costo total estimado del proyecto asciende a 14708\$, compuesto por aproximadamente 7198\$ correspondientes a mano de obra especializada y 7510\$ asociados a los componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos necesarios para la implementación del sistema automatizado. Esta inversión contempla el desarrollo completo del control mediante PLC, la integración del sistema HMI/SCADA, la adquisición de sensores, actuadores, motores, módulos de expansión y el tablero de fuerza, además de la fabricación de las estructuras requeridas para las estaciones de pesaje y dosificación.

En el mercado actual, las soluciones industriales integradas para pesaje, dosificación y conteo automatizado suelen encontrarse en rangos que varían entre 18000 y 35000 \$, dependiendo de la capacidad por hora, la cantidad de estaciones, la robustez mecánica y los módulos adicionales de registro y trazabilidad. Frente a ello, la propuesta desarrollada en este proyecto representa una alternativa económicamente más accesible, manteniendo funcionalidades esenciales como el pesaje automático, el conteo individual y general, la supervisión mediante HMI y SCADA, la generación de reportes y la gestión de alarmas del sistema. La inversión requerida se sitúa dentro de un rango asumible para una planta de producción de balanceados como EMPASA Che Rymba, especialmente considerando el impacto directo que tendrá en la reducción de pérdidas y en la operatividad diaria.

Desde el punto de vista operativo, la automatización del pesaje elimina las variaciones asociadas al llenado manual, lo que contribuye a disminuir pérdidas por sobrellenado o por correcciones repetitivas de peso. En líneas de producción donde se superan las 800 bolsas diarias de 25 kg, incluso una desviación promedio de 50 a 100 gramos por bolsa puede representar pérdidas anuales significativas, pudiendo ubicarse entre 5 y 12 millones de guaraníes según las estimaciones de la

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL
MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL
PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA
BALANCEADOS CHE RYMBA**
Abraham Leiva Gauto - 2025

planta. La automatización del proceso reduce este margen de error, permitiendo una dosificación más precisa y un registro confiable del inventario producido.

Considerando estos factores, la inversión en el sistema automatizado muestra una factibilidad técnica y económica favorable. Su diseño modular permite ampliaciones futuras sin necesidad de modificar la arquitectura principal, y su integración con PLC, HMI y SCADA asegura compatibilidad con estándares industriales. En conjunto, los beneficios operativos obtenidos justifican plenamente el costo total del proyecto, posicionándolo como una solución eficiente, escalable y alineada a las necesidades reales de la empresa.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

2 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Durante la validación del sistema automatizado se ejecutaron ciclos completos dentro del entorno de simulación, integrando el PLC Siemens S7-1200, la pantalla HMI KTP700 y la estación SCADA desarrollada en WinCC, junto con el modelo del proceso recreado en Factory I/O. Las pruebas permitieron reproducir de manera consistente la secuencia operativa del sistema: detección de presencia, inicio del proceso de carga, lectura continua del peso mediante la celda simulada, activación del mecanismo de cierre y conteo individual de cada bolsa procesada. La interacción entre sensores y actuadores virtuales reflejó adecuadamente la dinámica prevista para la planta real, manteniendo una operación estable en condiciones ideales y reproduciendo los comportamientos típicos del proceso de embolsado.

Los ciclos prolongados mostraron que la lógica de control mantuvo estabilidad durante toda la operación. El sensor capacitivo respondió correctamente habilitando el inicio de la carga solo cuando la bolsa estaba posicionada, mientras que el sensor fotoeléctrico simuló de forma precisa los pulsos generados por el paso de las bolsas cerradas, permitiendo realizar conteos sin pérdidas ni duplicaciones. La lectura analógica del pesaje se mantuvo dentro de un rango estable, lo que permitió validar el comportamiento de la lógica asociada al peso objetivo, así como los enclavamientos que impiden modificar la configuración mientras una bolsa está siendo cargada. Este desempeño evidencia que las condiciones operativas esenciales fueron correctamente representadas en la simulación.

Si bien Factory I/O no replica valores reales de masa utilizados en planta, los valores adoptados en la simulación permitieron validar el funcionamiento general del sistema. La lógica de comparación de peso mostró coherencia, deteniendo el proceso cuando el valor excedía el rango permitido o cuando no se alcanzaba la condición de estabilidad definida. En estos casos, el sistema activó las alarmas correspondientes tanto en la pantalla HMI como en la estación SCADA, permitiendo visualizar de inmediato la causa de la detención. Los eventos registrados se integraron correctamente al datalogger, confirmando la estructura del archivo Excel generado y la trazabilidad del proceso.

El comportamiento general de los actuadores simulados —particularmente los motores de dosificación y el desplazamiento virtual de las bolsas— se mantuvo estable en todos los casos. La transición entre estados (espera, carga, cierre, transporte y conteo) se produjo sin interrupciones, confirmando que la arquitectura de control desarrollada en el PLC representa con fidelidad el

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

funcionamiento esperado del sistema físico. La coordinación entre señales analógicas, señales digitales y variables internas fortaleció la validación de diseño, demostrando que la estructura modular del programa permite controlar simultáneamente las cuatro estaciones de embolsado sin interferencias.

El análisis de los resultados confirma que la lógica implementada es robusta y responde adecuadamente ante condiciones normales y ante escenarios de error simulados. Las alarmas se activaron de manera coherente, las condiciones de bloqueo funcionaron tal como fueron diseñadas y la estructura del datalogger mantuvo consistencia en todas las pruebas. Esto evidencia que el sistema cumple con los objetivos planteados de automatizar el pesaje, estandarizar el conteo y asegurar la trazabilidad de la producción diaria.

Si bien la simulación no captura todas las variaciones físicas presentes en un entorno real —como vibraciones, fluctuaciones de carga o desgaste mecánico— la estructura del control está preparada para incorporar los valores finales de operación durante la puesta en marcha física mediante calibraciones y ajustes propios de campo. Estos ajustes no requieren modificar la arquitectura del sistema, sino simplemente adaptar los parámetros de pesaje y los valores reales de proceso.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que el sistema diseñado es funcional, estable y correctamente estructurado. La integración entre PLC, HMI, SCADA y sensores simulados confirma que la solución propuesta es técnicamente viable y que puede ser implementada en la planta con ajustes mínimos, manteniendo intacta su lógica central y asegurando beneficios operativos inmediatos en precisión, control y productividad.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto - 2025

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones

- El sistema automatizado reprodujo de manera coherente el ciclo completo de pesaje, cierre y conteo dentro del entorno de simulación, reflejando el comportamiento esperado bajo condiciones normales de operación.
- Los módulos de sensado, control y actuación funcionaron de forma integrada, permitiendo leer el peso con estabilidad, ejecutar la secuencia de carga y registrar correctamente cada bolsa procesada.
- La lógica del PLC quedó preparada para trabajar con los valores reales de la planta, requiriendo únicamente la calibración física del pesaje y ajustes menores de parámetros durante la implementación.
- El datalogger del sistema SCADA generó registros consistentes, aportando trazabilidad a la producción diaria y confirmando la utilidad del registro automatizado.
- La arquitectura modular del diseño permite su implementación física y futuras ampliaciones sin modificar la estructura principal del control.
- La capacidad estimada por módulo, basada en el principio de operación de envasadoras automáticas comerciales, se ubica entre 100 y 200 bolsas por hora para presentaciones de 25 kg y entre 80 y 170 bolsas por hora para presentaciones de 40 kg, incrementando significativamente la productividad de la planta.

3.2 Recomendaciones

- Integrar los valores reales de pesaje y realizar la calibración correspondiente durante la puesta en marcha en planta para asegurar la precisión final del sistema.
- Ajustar parámetros de operación —como tiempos de carga, márgenes de estabilidad y límites de peso— durante las primeras pruebas físicas para alinearlos con las condiciones reales del proceso.
- Considerar la ampliación del sistema hacia otros sectores de la línea de producción, aprovechando su diseño modular para incorporar nuevas funciones sin alterar la lógica existente.

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL
MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL
PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA
BALANCEADOS CHE RYMBA**
Abraham Leiva Gauto - 2025

4 Bibliografía

- [1] C. J. Carrillo Velarde y G. R. Calero López, *Automatización del proceso de dosificación, ensacado y control de peso en lazo cerrado para la máquina mezcladora de balanceado de la Estación Experimental Tunshi Epoch.*, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.
- [2] J. A. Muñoz Tascon, *CONTROL DE PESO DE UNA BÁSCULA INDUSTRIAL PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD*, Santiago de Cali: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE, 2008.
- [3] C. E. Panduro Mendoza, *Implementación de un prototipo con interfaz inalámbrica para el proceso de pesaje en balanzas VEIT Electronics BAT 1 en el sector avícola*, Lima: Universidad de Ciencias y Humanidades (UCH), 2024.

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

5 ANEXOS

Anexo A. Diagrama de Conexión

Anexo A.1. Diagrama de Conexión del S7 1200

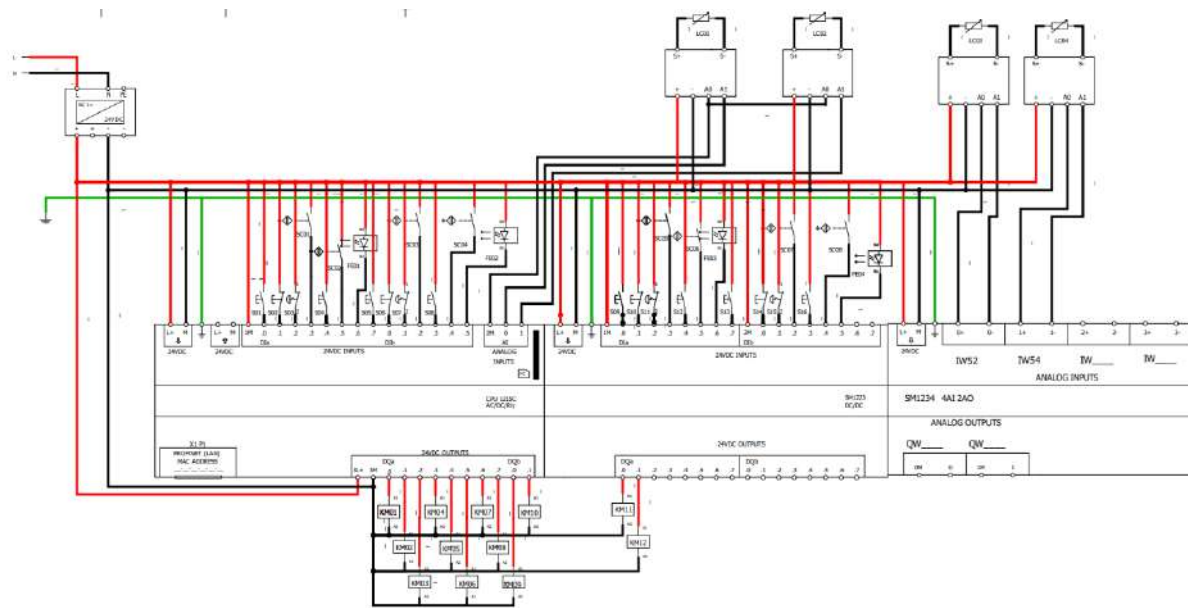


Figura 4: Diagrama de Conexión del S7-1200

Anexo A.2. Diagrama Eléctrico de Fuerza

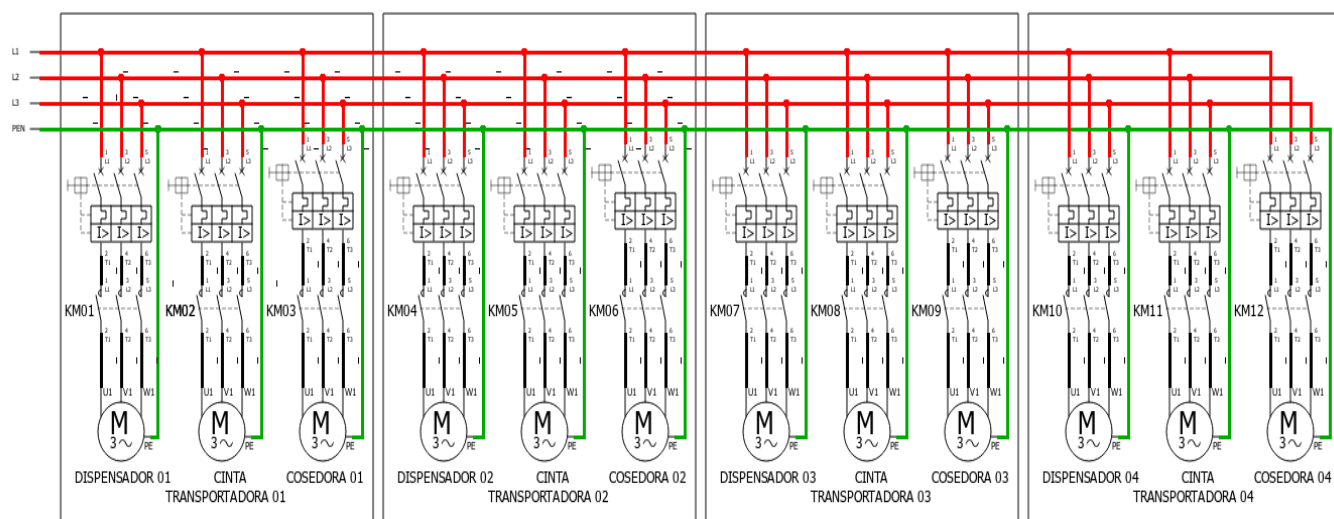


Figura 5: Diagrama Eléctrico de Fuerza

Anexo B. Registro Fotográfico de la Interfaz

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo B.1. Pantalla Principal de la estación SCADA y pantalla HMI

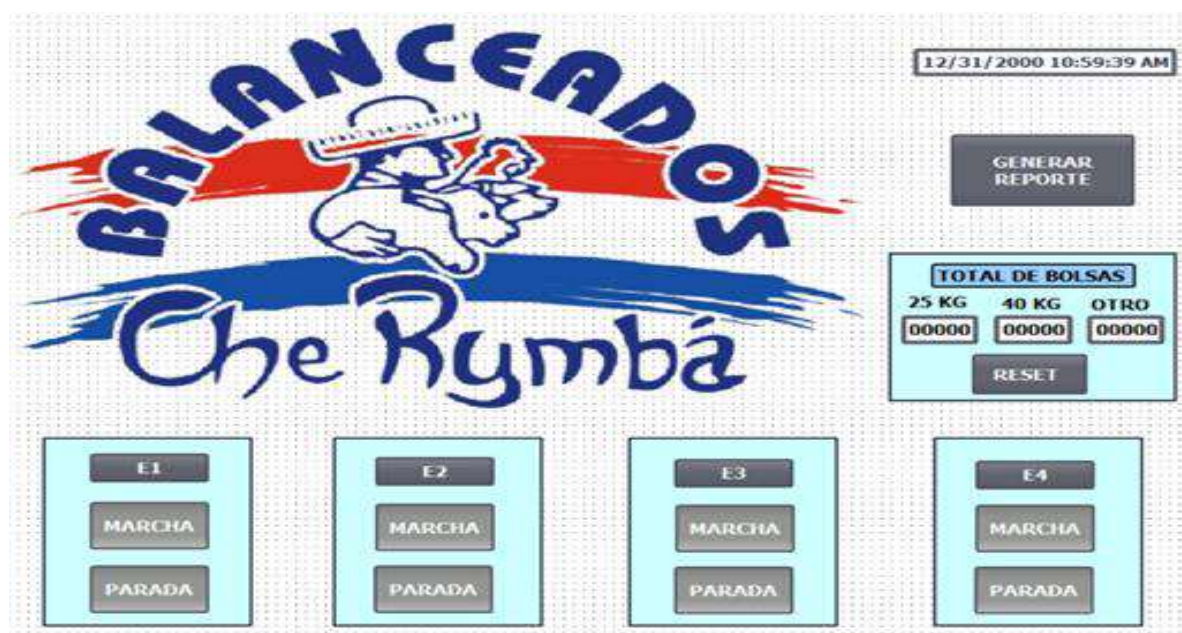


Figura 6: Pantalla Principal de la estación SCADA

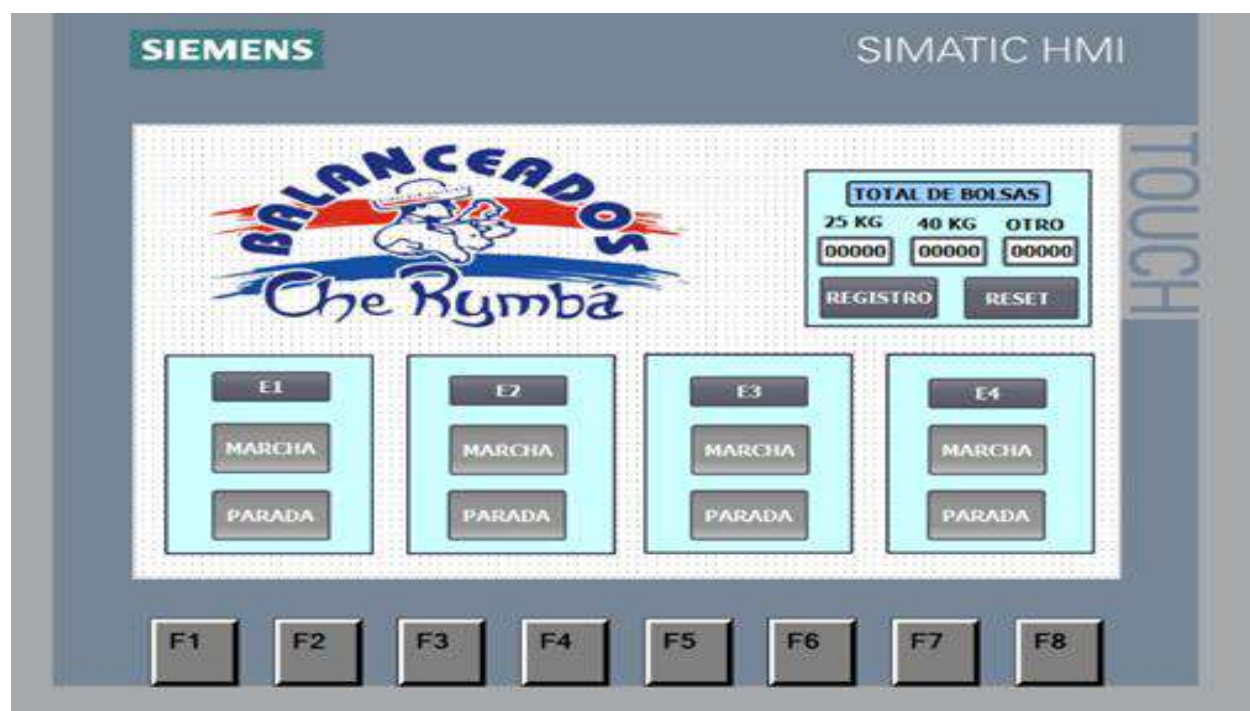


Figura 7: Pantalla Principal de la Pantalla HMI

Anexo B.2. Pantalla de Operación de la estación

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

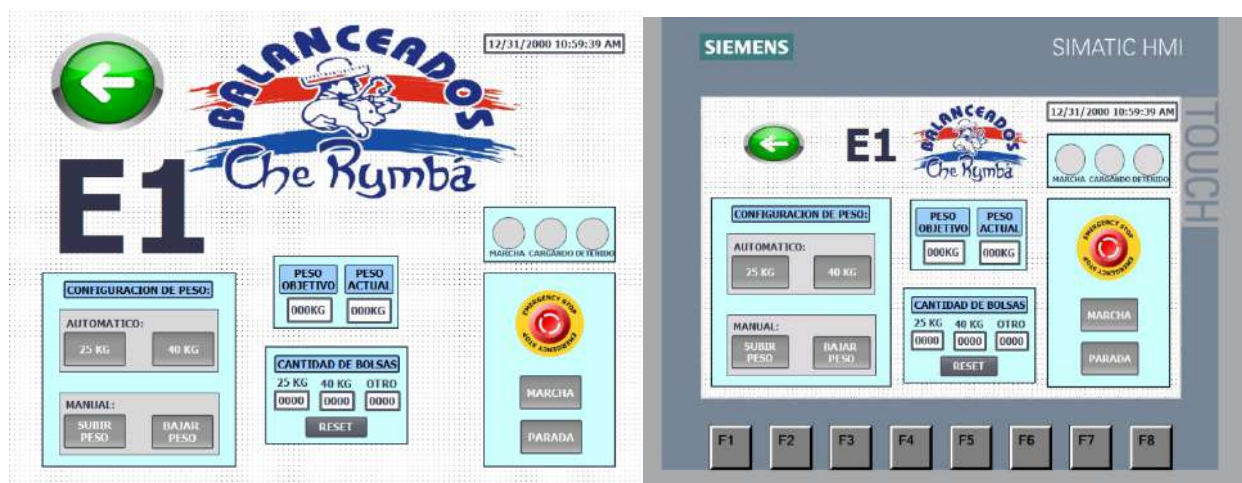


Figura 8: Pantalla de Operación de la estación del SCADA y la pantalla HMI

Anexo B.3. Ventana de Avisos

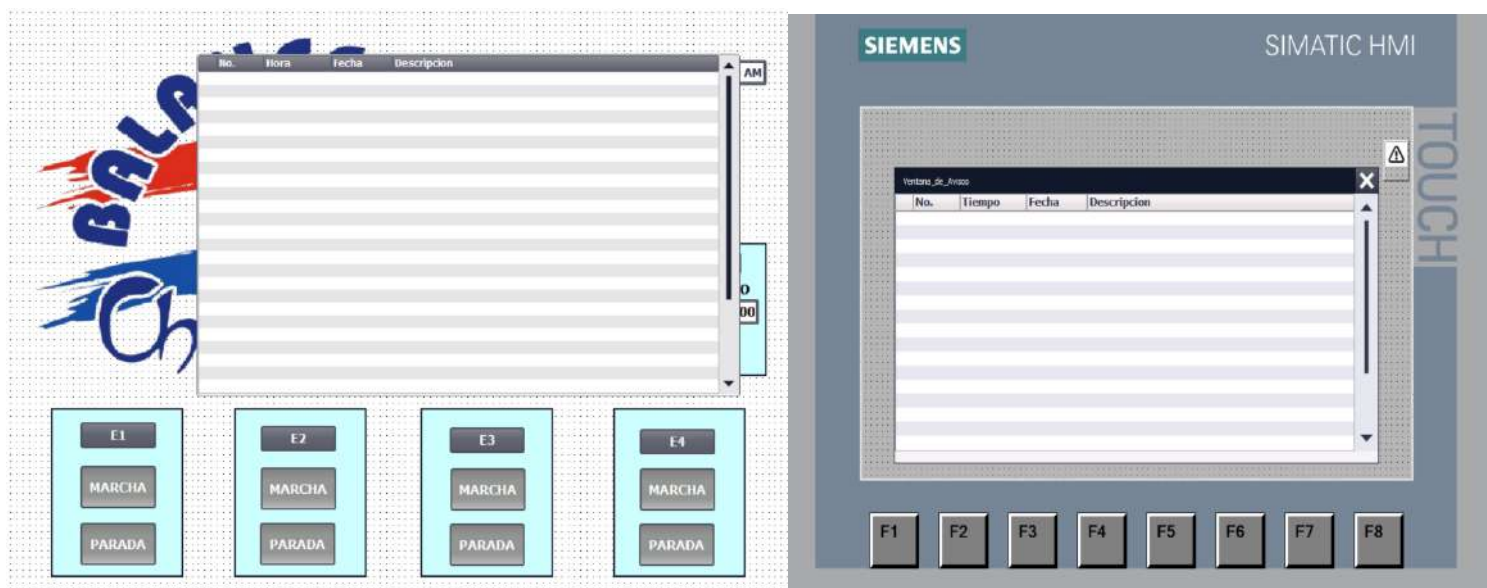


Figura 9: Ventana de Avisos de la estación SCADA y la pantalla HMI

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo B.4. Pantalla de Registros

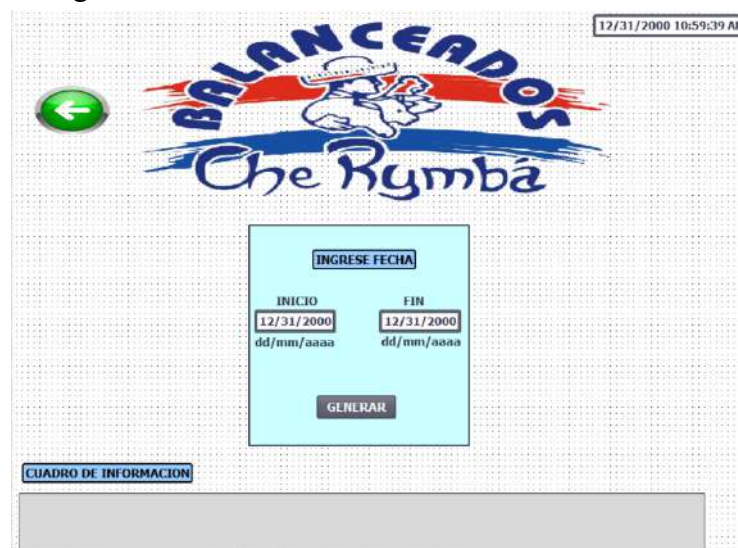


Figura 10: Pantalla de Registros de la estación SCADA

Anexo B.5. Ventana de Usuarios

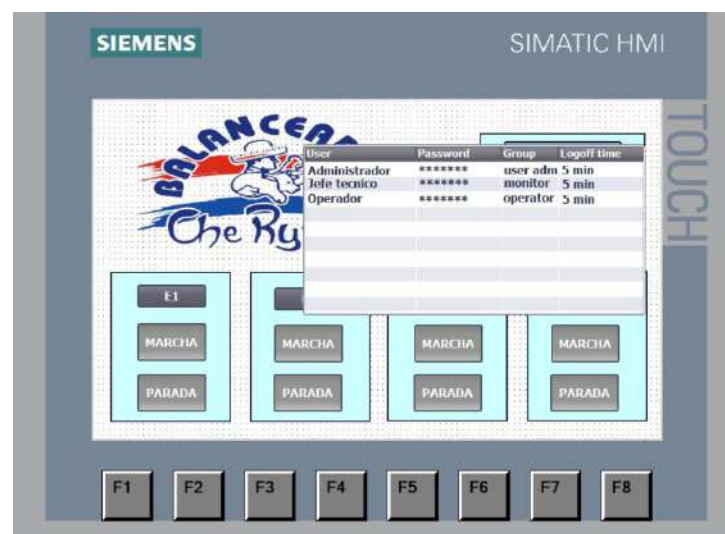
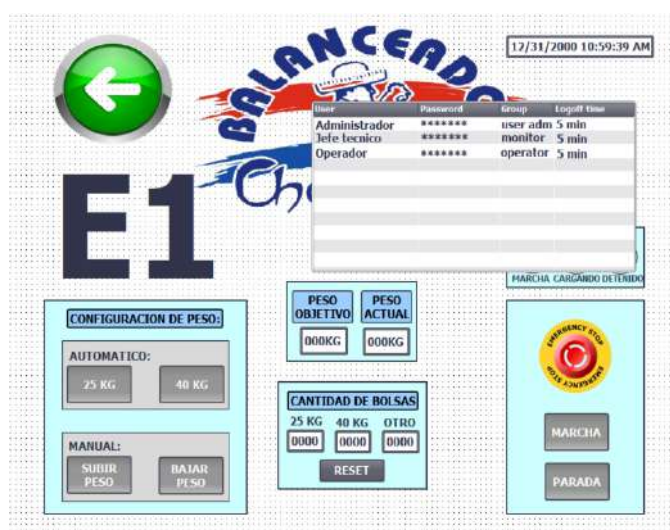


Figura 11: Ventana de Usuarios de la estación SCADA y la pantalla HMI

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo C. Características de los componentes

Componente	Características Técnicas
Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1215C AC/DC/Rly	<p>-Descripción: Memoria de trabajo 125KB; fuente de alimentación 120/240V AC con DI14 x 24V DC SINK/SOURCE, DQ10 x relé y AI2 y AQ2 integradas; 6 contadores rápidos y 4 salidas de impulso integradas; la Signal Board amplía las E/S integradas; hasta 3 módulos de comunicaciones para la comunicación serie; hasta 8 módulos de señales para ampliación de E/S; controlador PROFINET IO, 2 puertos, I-device, protocolo de transporte TCP/IP, secure Open User Communication, comunicación S7, servidor web, OPC UA: servidor DA</p> <p>-Referencia: 6ES7 215-1BG40-0XB0</p> <p>-Versión de firmware: V4.4</p>
Módulo SM 1223 DI16/DQ16	<p>-Descripción: Módulo de entradas y salidas digitales DI16 x 24V DC SINK/SOURCE y DQ16 x 24V DC; retardo a la entrada parametrizable; bloques de bornes enchufables</p> <p>-Referencia: 6ES7 223-1PL32-0XB0</p> <p>- Versión de firmware: V2.0</p>
Módulo SM 1234 AI	<p>-Descripción: Módulo de entradas y salidas analógicas AI4 + AQ2; bloques de bornes enchufables; entradas: 13 bits, 2,5V, 5V, 10V y 0/4..20mA; supresión de frecuencias parametrizable; filtrado parametrizable; diagnóstico parametrizable; salidas: +/-10V y 0...20mA; diagnóstico parametrizable; valor sustitutivo parametrizable para la salida</p> <p>-Referencia: 6ES7 234-4HE32-0XB0</p> <p>-Versión de firmware: V2.1</p>
Pantalla KTP700 Basic PN	<p>-descripción: Pantalla de 7" TFT, 800 x 480 pixeles, Colores 64K; Manejo táctil o con teclado, 8 teclas de función; 1 x PROFINET, 1 x USB</p>
Fuente de alimentación 24 VDC/5A	<p>Descripción: Tensión de entrada: 100 VAC - 240VAC; Tensión de Salida: 24 VDC; Corriente de Salida (máx.) (A): 5</p>
Celda de Carga tipo viga	<p>Celda de carga tipo viga para plataformas de bajo perfil, clase C3, sensibilidad de 2mV/V y 3mV/V, protección IP67 - IP68, fabricada en acero, impedancias características: 385 ohm entrada y 350 ohm salida</p>
Cinta transportadora con cosedora	<p>Voltaje: 220/380V; Potencia: 370W + 370W; Control: Pedal; Longitud del cinturón: 3m; Ancho cinturón: 300mm; Velocidad de embalaje:400-600 bolsas/hora; Altura bolsa costura:400-900mm; Dimensión:2000*3500*700mm</p>

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Sensor Fotoeléctrico Difuso	alimentación (10-30 VCC); detección directa (sin reflector, rebota en el objeto); rango de detección variable (depende del color/reflectividad del objeto, ej. 10-100 cm); fuente de luz (LED IR); salidas (NPN/PNP, Light ON/Dark ON); tiempo de respuesta (<1ms); protección (IP67 común); carcasa (cilíndrica M18 popular).
Sensor Capacitivo	Plástico no empotrado PNP-NC 2-10 mm 2 m Cable M18 Sensor capacitivo; Distancia de detección: 2-10 mm; Cara sensible: PBT; Frecuencia de conmutación: 25 Hz; Tipo de conexión: Cable de 2 m; Voltaje de funcionamiento: 12-30 V CC

Tabla 3: Características de los componentes

Anexo D. Presupuesto aproximado del Sistema de Mando y Fuerza

Ítem	Descripción	Cant.	Costo unitario (Gs)	Costo total (Gs)
1	Gabinete metálico industrial con placa de montaje	1	1.300.000	1.300.000
2	Contactador trifásico 9–12 A	12	100.000	1.200.000
3	Guardamotor regulable (2–6 A aprox.)	12	450.000	5.400.000
4	Llaves termomagnéticas trifásicas (protecciones)	5	100.000	500.000
5	Bornes, riel DIN, canaletas, cableado interno, terminales, etiquetas	—	—	1.000.000
6	Mano de obra electricista	—	—	1.400.000
Total, en Guaraníes				10.800.000
Total, en dólares				1580\$

Tabla 4: Presupuesto aproximado del sistema de mando y fuerza

Anexo E. Cálculo de producción aproximada con la automatización

Basado en la producción aproximada de envasadoras automáticas comerciales, cuya producción es 2-4 bolsas/min se hace la siguiente estimación:

Primero convertimos la capacidad a bolsas por hora:

Capacidad mínima (2 bolsas/min): $2 \text{ bolsas/min} \times 60 \text{ min} = 120 \text{ bolsas/h}$

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Capacidad máxima (4 bolsas/min): $4 \text{ bolsas/min} \times 60 \text{ min} = 240 \text{ bolsas/h}$

Por lo tanto, un solo módulo automático comercial tiene una capacidad entre: 120 a 240 bolsas por hora (para bolsas de 20 kg)

Ajustamos la capacidad para tus bolsas (25 kg y 40 kg)

El peso influye un poco en el tiempo de llenado. Normalmente, pasar de 20 kg a 25–40 kg reduce ligeramente la velocidad, pero no a la mitad, porque la dosificación sigue siendo continua.

Basándonos en datos industriales reales:

Para pasar de 20 kg → 25 kg, la producción disminuye aprox. 10–15%

Para pasar de 20 kg → 40 kg, disminuye aprox. 25–35%

Aplicamos esto:

A) Producción estimada para bolsas de 25 kg

Mínimo: $120 \text{ bolsas/h} \times 0.85 \approx 102 \text{ bolsas/h}$; Máximo: $240 \text{ bolsas/h} \times 0.85 \approx 204 \text{ bolsas/h}$

Capacidad estimada por módulo (25 kg): 100 a 200 bolsas por hora

B) Producción estimada para bolsas de 40 kg

Mínimo: $120 \text{ bolsas/h} \times 0.70 \approx 84 \text{ bolsas/h}$; Máximo: $240 \text{ bolsas/h} \times 0.70 \approx 168 \text{ bolsas/h}$

Capacidad estimada por módulo (40 kg): 80 a 170 bolsas por hora

Resultado final:

Producción estimada por módulo para 25 kg: 100–200 bolsas/h

Producción estimada por módulo para 40 kg: 80–170 bolsas/h

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo F. EMPASA Balanceados Che Rymba



Figura 12: EMPASA Balanceados Che Rymba

Anexo G. Entorno de la planta



Figura 13: Salida de la mezcladora de balanceados

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo H. Programación en TIA Portal V16

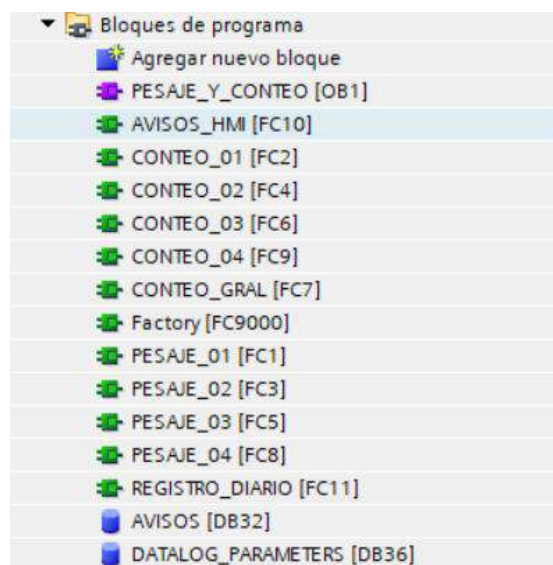
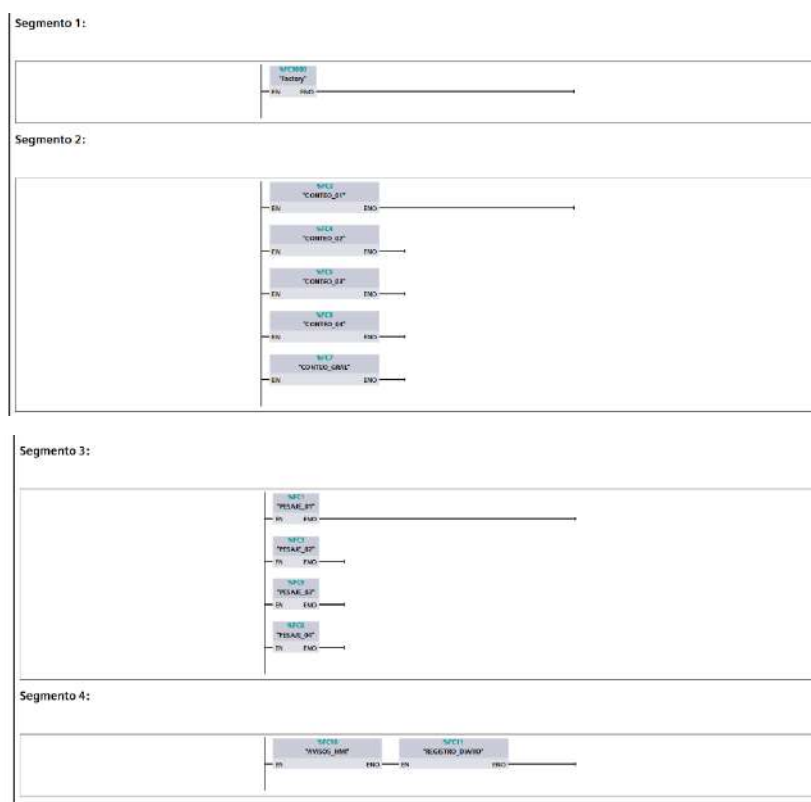


Figura 14: Bloques de Programación de la automatización

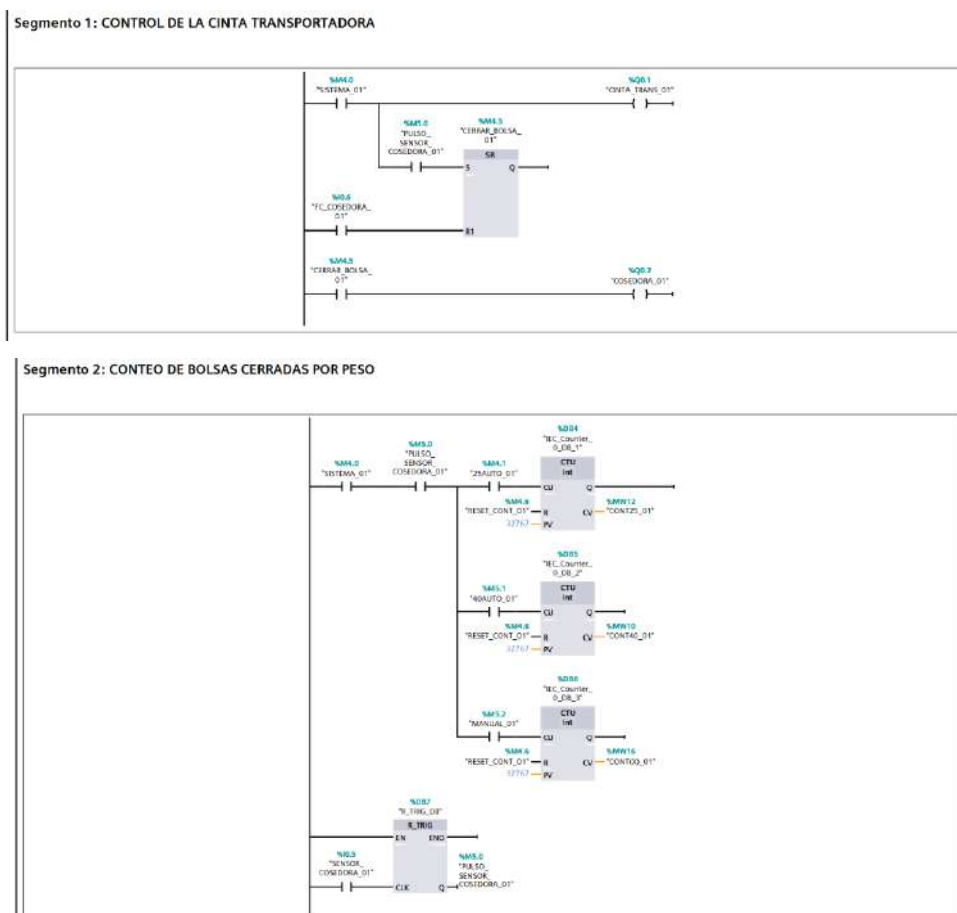
Anexo H.1. Programación del Bloque de PESAJE_Y_CONTEO



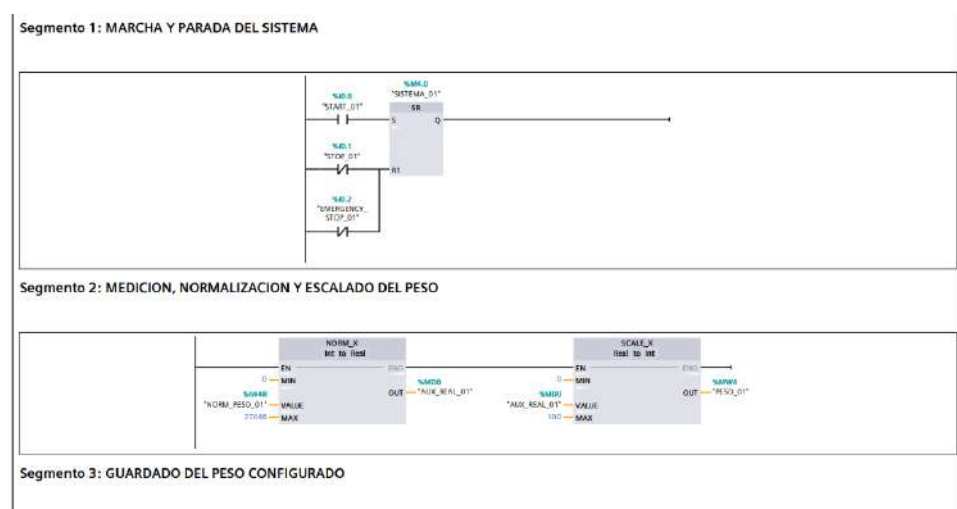
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo H.2. Programación del Bloque CONTEO_01

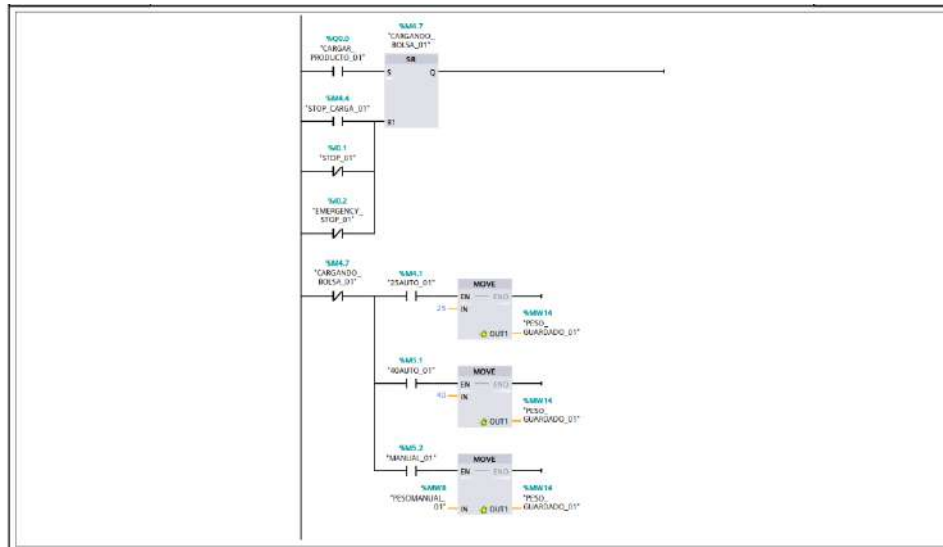


Anexo H.3. Programación del Bloque PESAJE_01

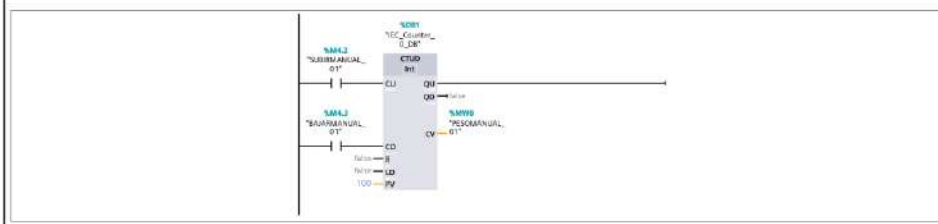


DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

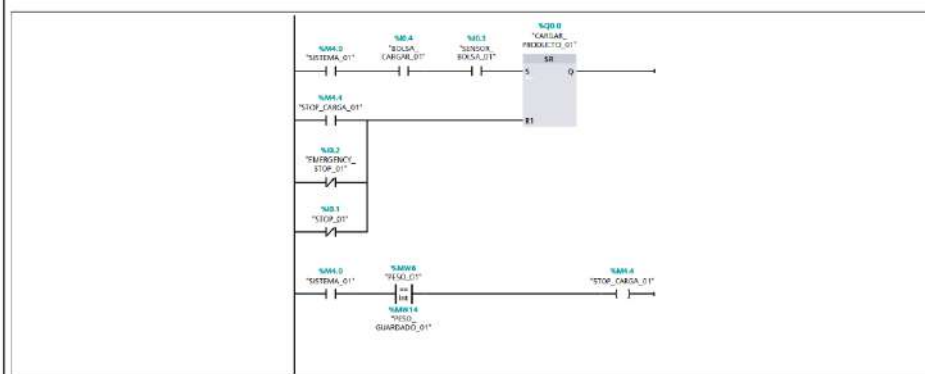
Abraham Leiva Gauto – 2025



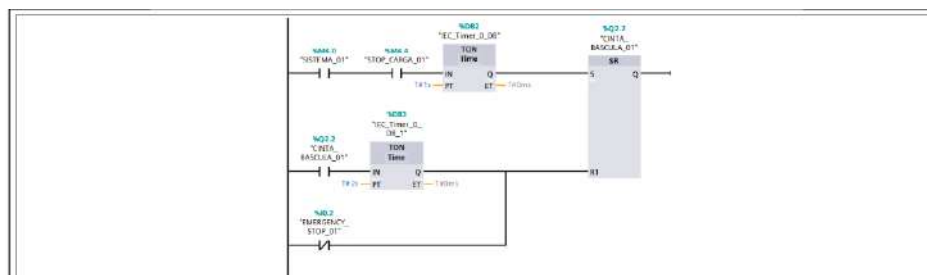
Segmento 4: CONFIGURACION DEL PESO EN MODO MANUAL



Segmento 5: LLENADO DEL PRODUCTO



Segmento 6: DESPLAZAMIENTO DE LA BOLSA A LA CINTA

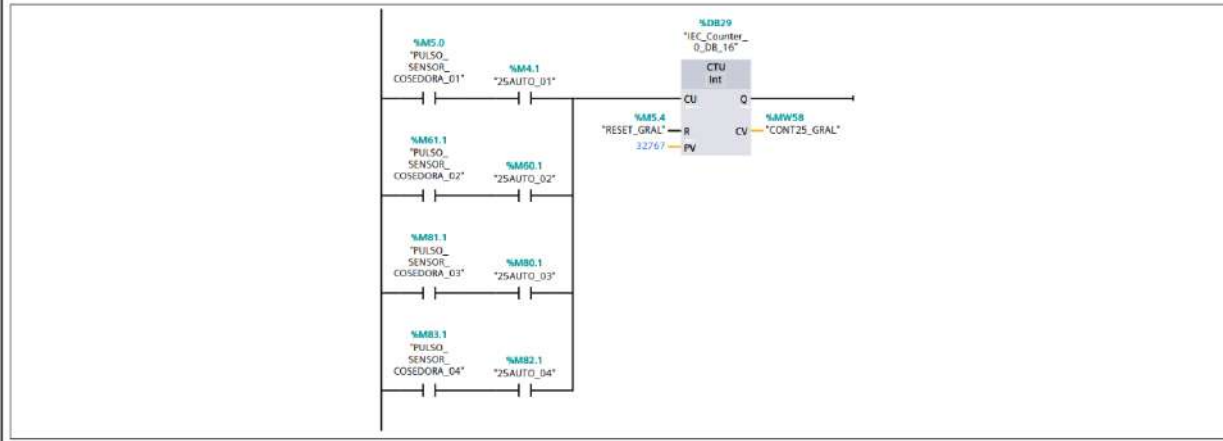


DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

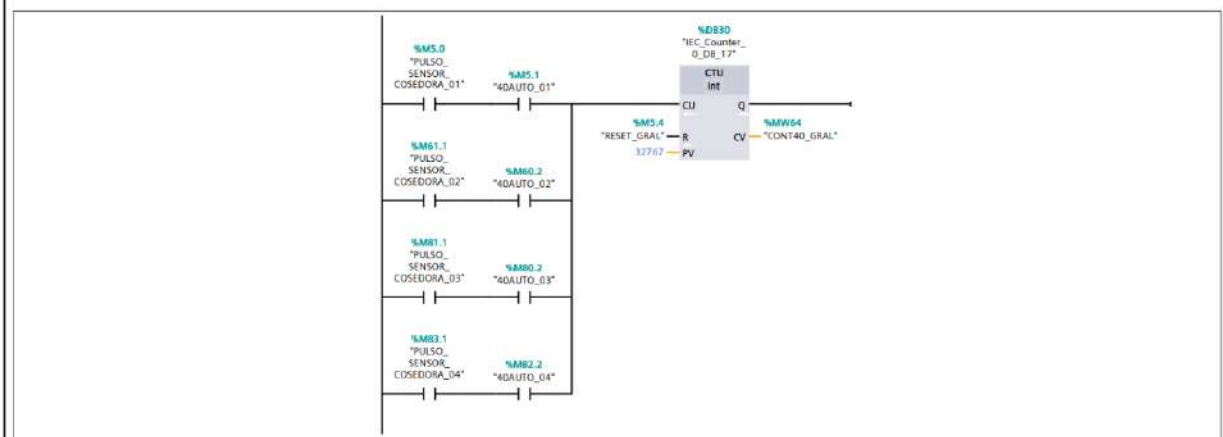
Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo H.4. Programación del Bloque CONTEO_GRAL

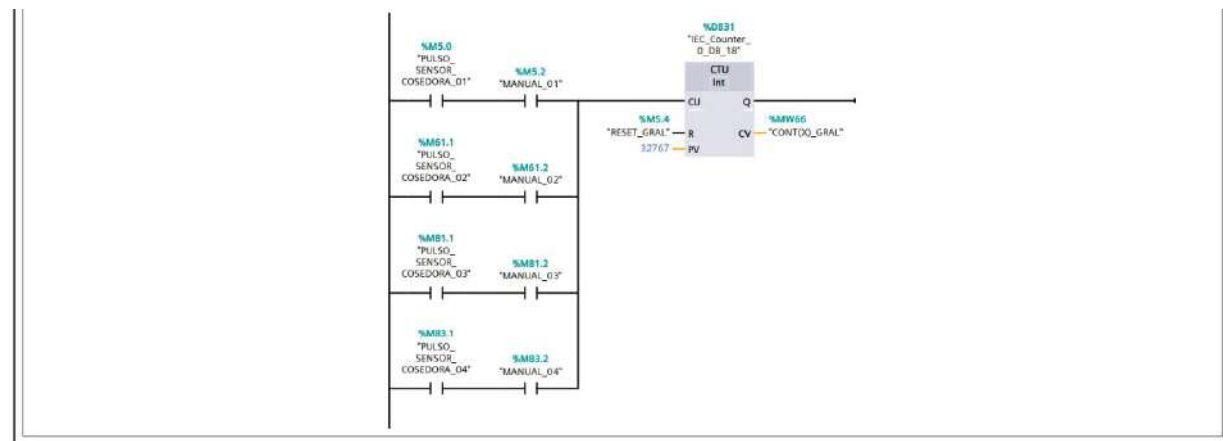
Segmento 1:



Segmento 2:



Segmento 3:



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

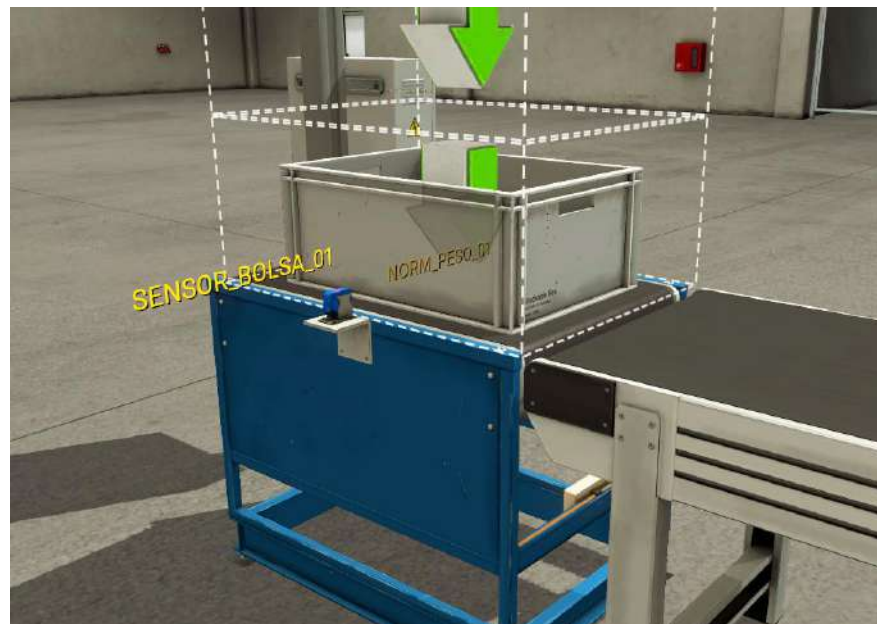
Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo I. Imagen de referencia para fabricación de la estructura para motor dosificador



Anexo J. Simulación en Factory I/O

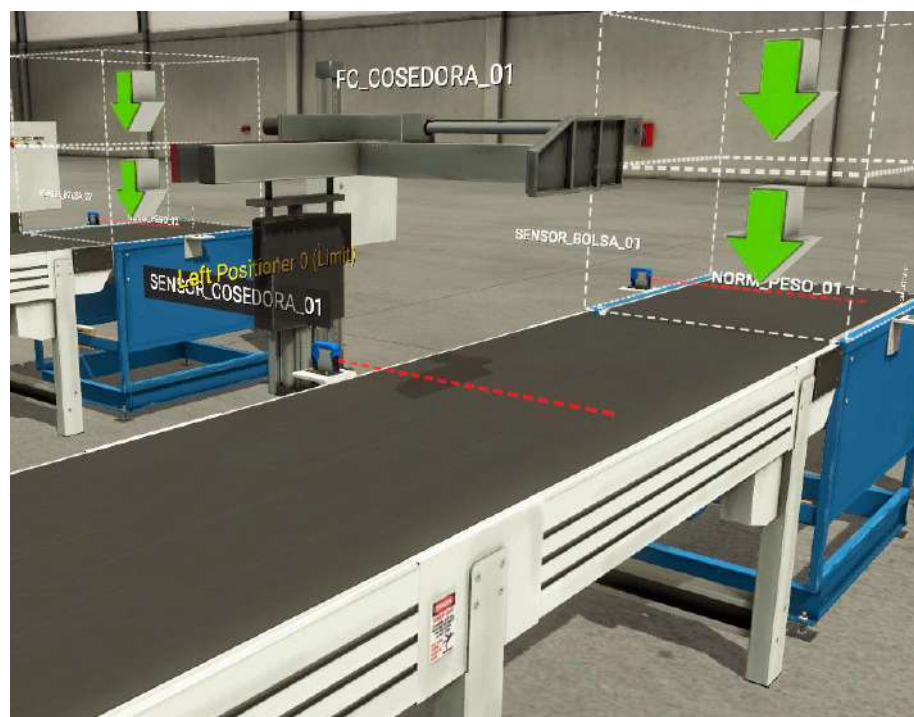
Anexo J.1. Sensor capacitivo para presencia de bolsas



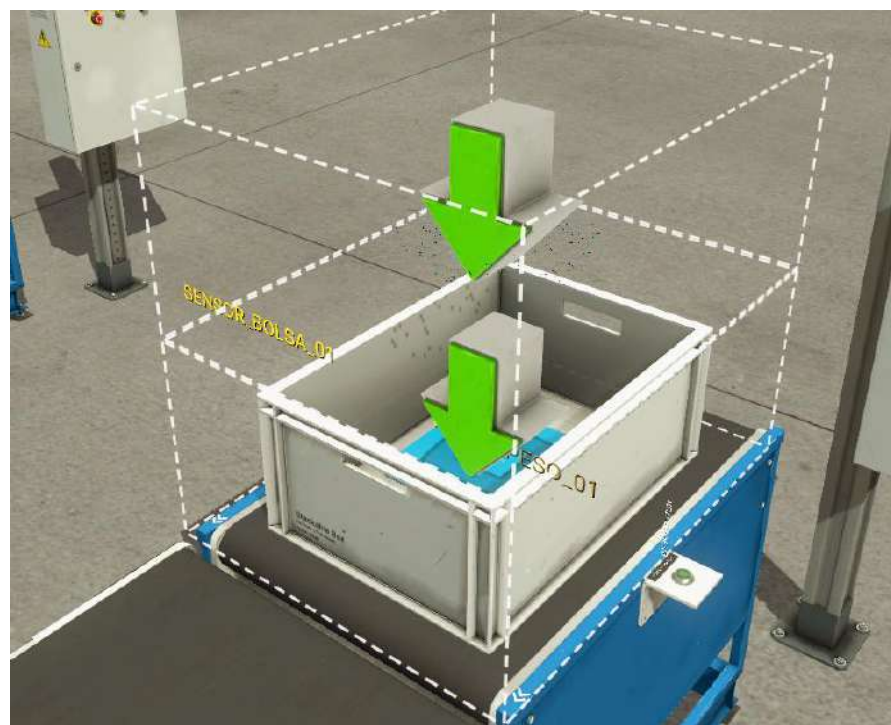
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo J.2. Sensor fotoeléctrico difuso para conteo de bolsas



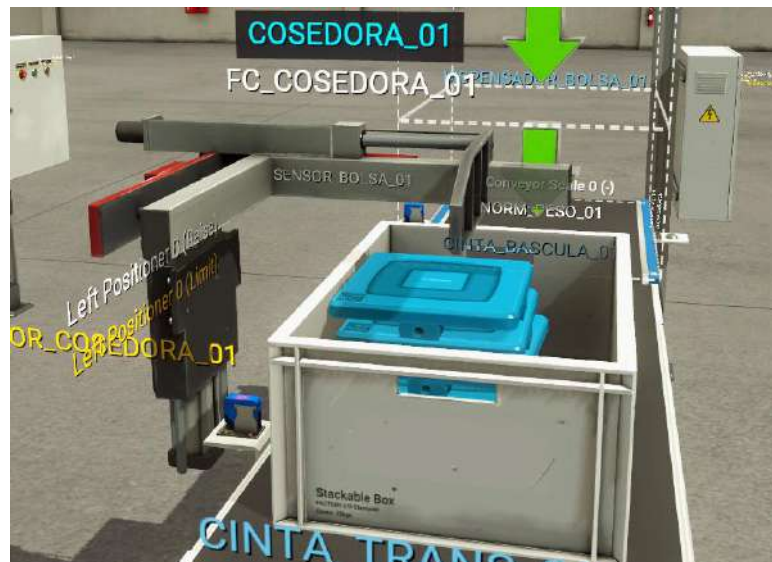
Anexo J.3. Dosificación de las bolsas



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PESAJE Y CONTEO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE BALANCEADOS EN EMPASA BALANCEADOS CHE RYMBA

Abraham Leiva Gauto – 2025

Anexo J.4. Cerrado de bolsas en la cosedora



Anexo K. Representación del conjunto mecánico del sistema de embolsado: tolva, soporte de bolsa y cinta transportadora

