



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
ELECTRÓNICA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**Rediseño e implementación de mejoras en el sistema de pesaje y
empaquete en tres líneas de proceso en una empresa procesadora de
vegetales congelados**

Autor: Lema Amores, Joselyn Pamela

Director: Ayala Taco, Jaime Paúl PhD.

Sangolquí, 16 febrero 2024



- 1 Justificación del proyecto
- 2 Objetivos del proyecto
- 3 Descripción de la línea de proceso de pesaje y empaque
- 4 Implementación de mejoras en la línea de proceso
- 5 Procesamiento de la información
- 6 Diseño del sistema SCADA
- 7 Pruebas y resultados
- 8 Conclusiones y recomendaciones



La Industria 4.0, denominada como la cuarta revolución industrial, aboga por la interconexión de los sistemas físicos industriales con el ámbito digital, obligando a las industrias a iniciar con un proceso de migración tecnológica.



Actualmente la empresa Ecofroz ha iniciado la etapa de migración hacia la industria 4.0, por lo tanto, este proyecto se enfocó en el proceso de pesaje y empaque de vegetales congelado, bajo el criterio de mejora continua..

Objetivo General

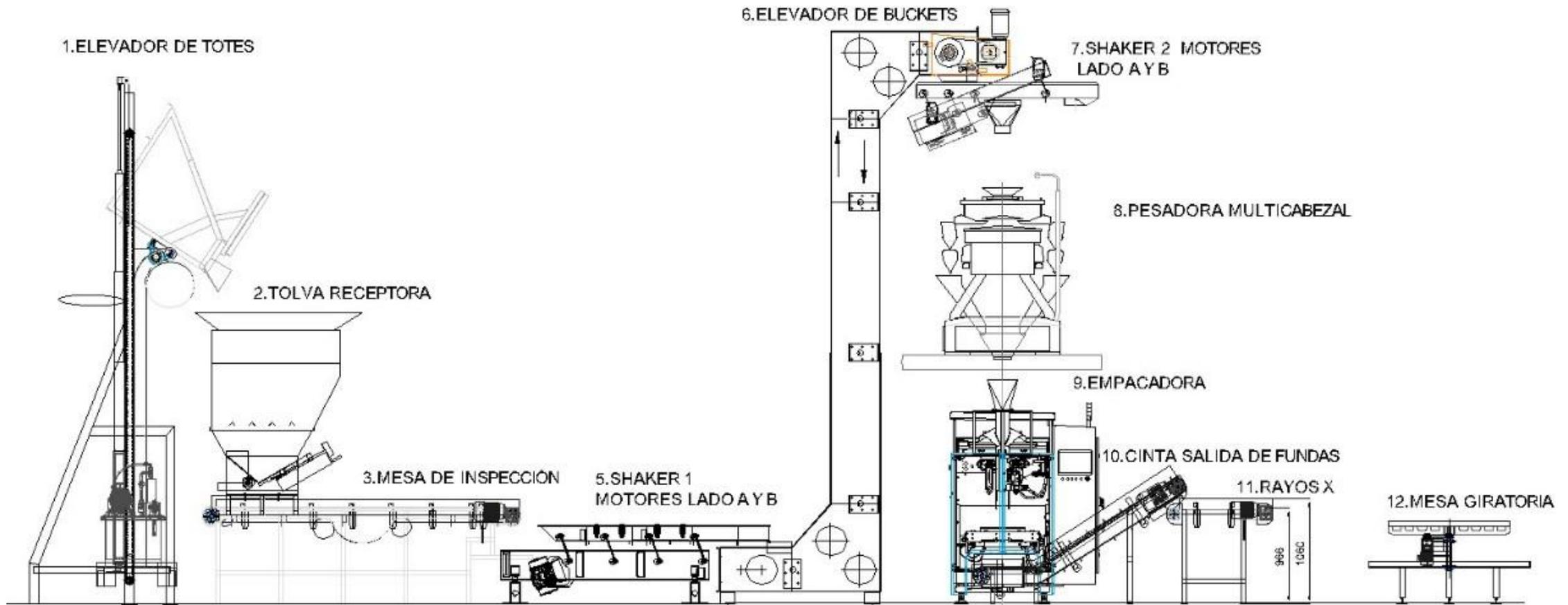
Rediseñar e implementar mejoras en el sistema de pesaje y empaque en tres líneas de proceso en una empresa procesadora de vegetales congelados.

Objetivos Específicos

- Analizar el proceso de pesaje y empaque para realizar el levantamiento de la información sobre pérdidas de producción, equipos y necesidades del sistema.
- Automatizar el proceso de pesaje mediante algoritmos por medio de la técnica de pesajes por combinación para garantizar el peso adecuado por presentación
- Analizar las estrategias de control para mantener las condiciones de temperatura de las empacadoras industrial para garantizar las condiciones de sellado de la funda.
- Diseñar una interfaz gráfica para el sistema SCADA con normativas ANSI ISA y alto desempeño que permita el control y monitoreo de las líneas uno, dos y tres de pesaje y empaque



Descripción de la línea de proceso de pesaje y empaque

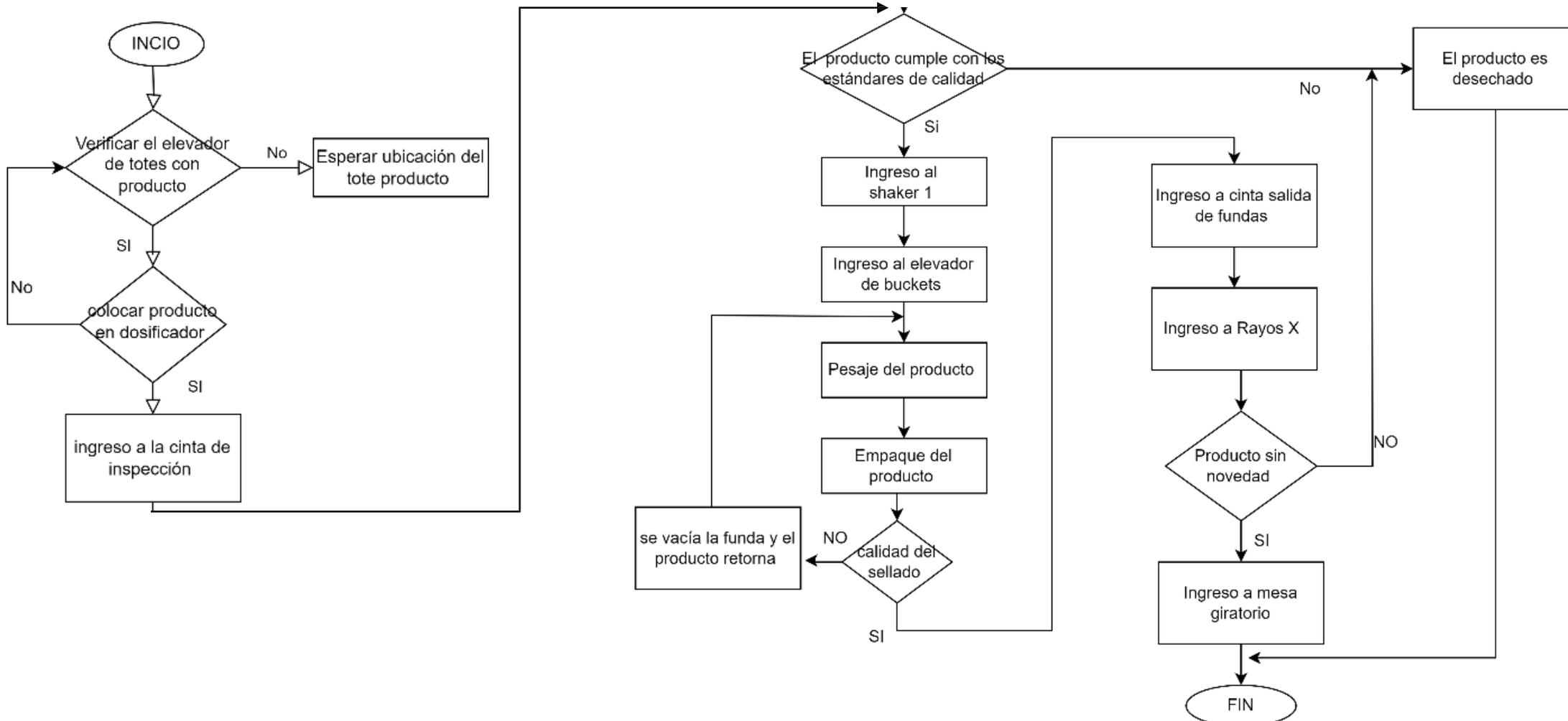


VISTA LATERAL DE LOS EQUIPOS QUE COMPONEN LA LÍNEA DE EMPAQUE



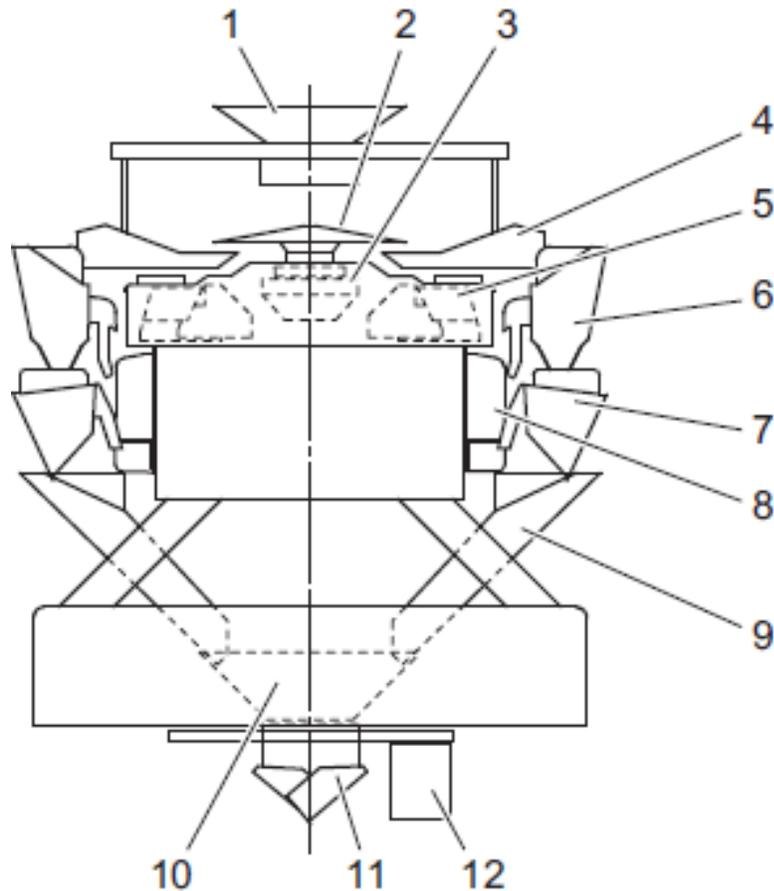
Descripción de la línea de proceso de pesaje y empaque

Línea de proceso



Descripción de la línea de proceso de pesaje y empaque

Balanza multicabezal

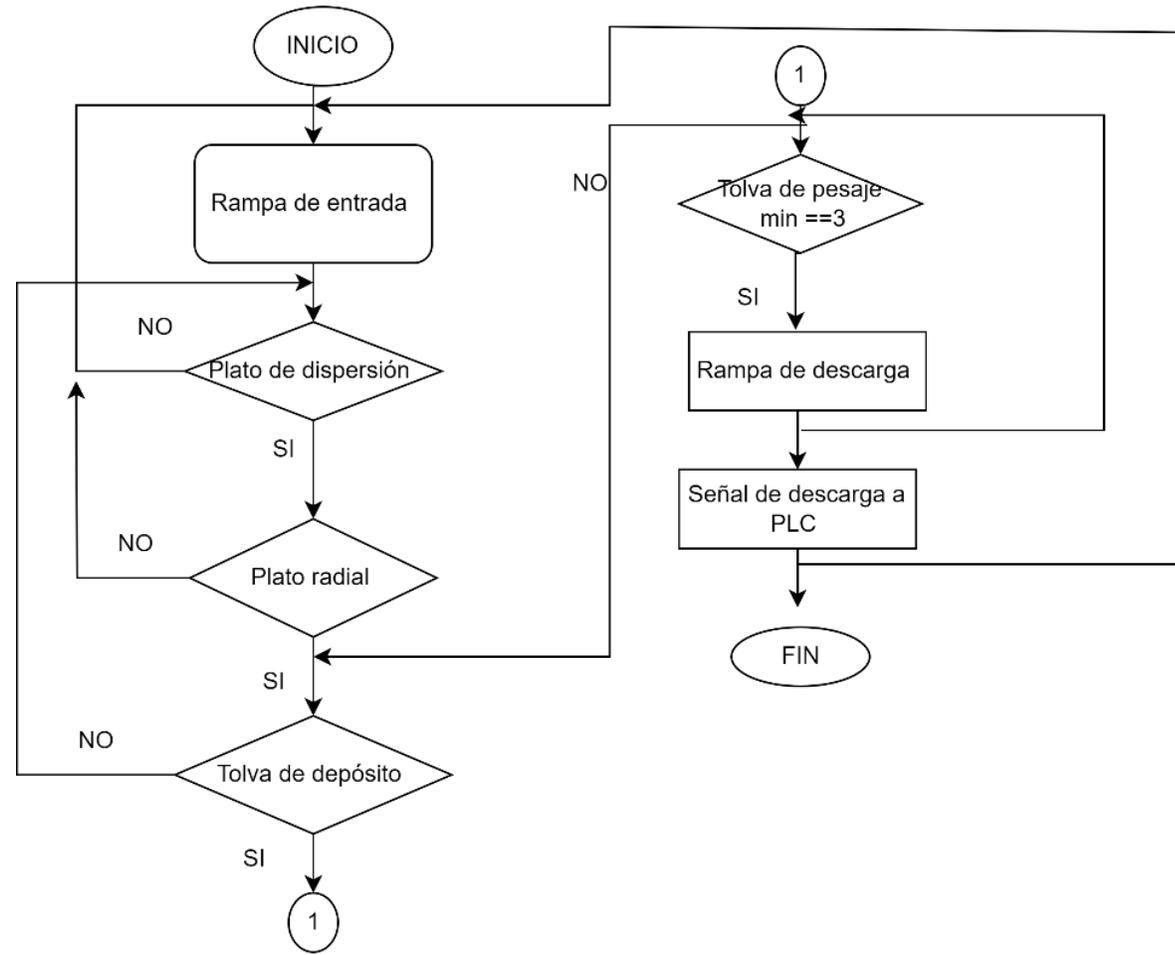


COMPONENTES

1. Depósito de ingreso
2. Plato de dispersión
3. Canal de dispersión principal
4. Plato radial
5. Canal radial
6. Tolva de deposito
7. Tolva de pesaje
8. Cabezal motriz de pesaje
9. Rampa recolectora
10. Rampa de descarga

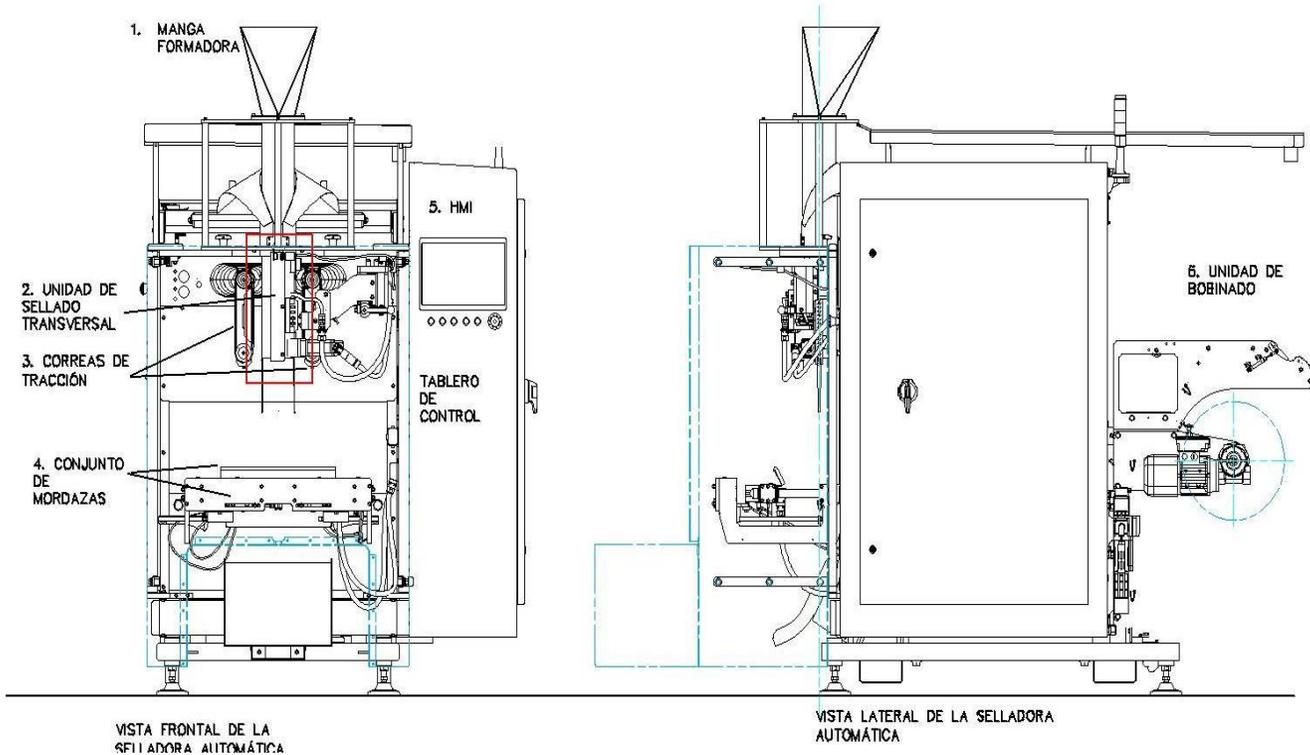
Descripción de la línea de proceso de pesaje y empaque

Balanza multicabezal



Descripción de la línea de proceso de pesaje y empaque

Empacadora automática



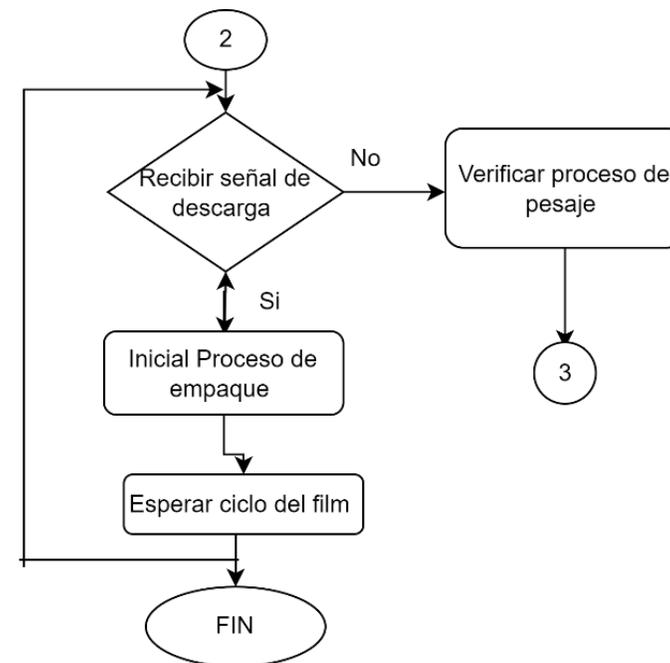
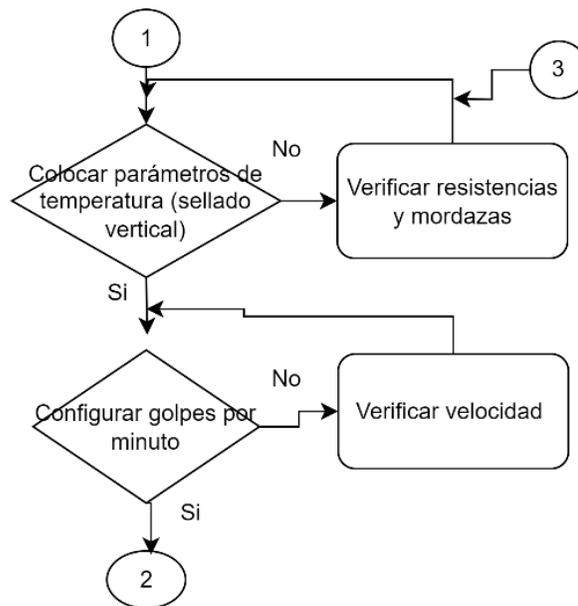
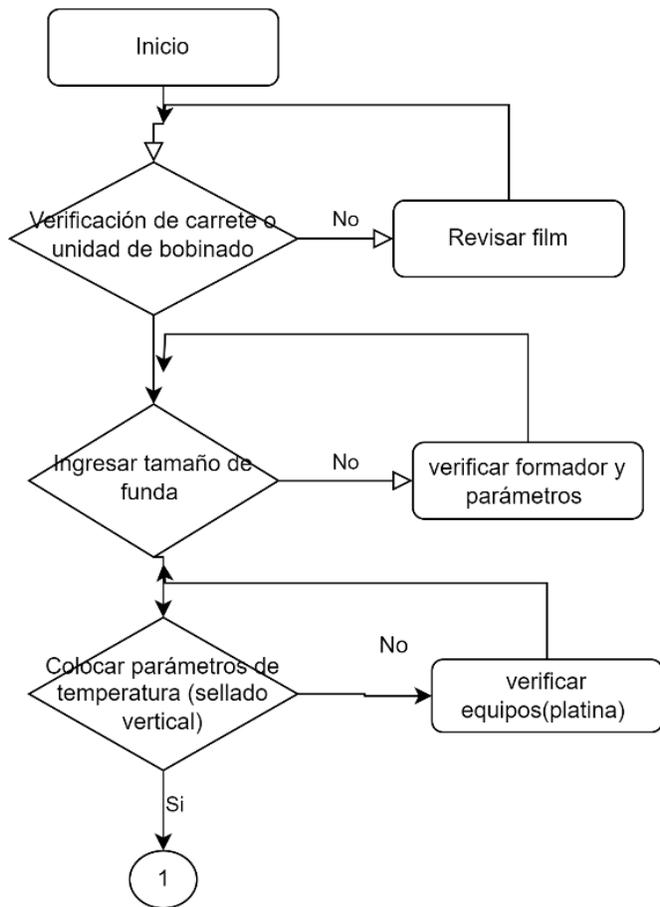
COMPONENTES

1. Manga formadora
2. Unidad de sellado transversal
3. Correas de tracción
4. Conjunto de mordazas
5. HMI- Tablero de control
6. Unidad de bobinado



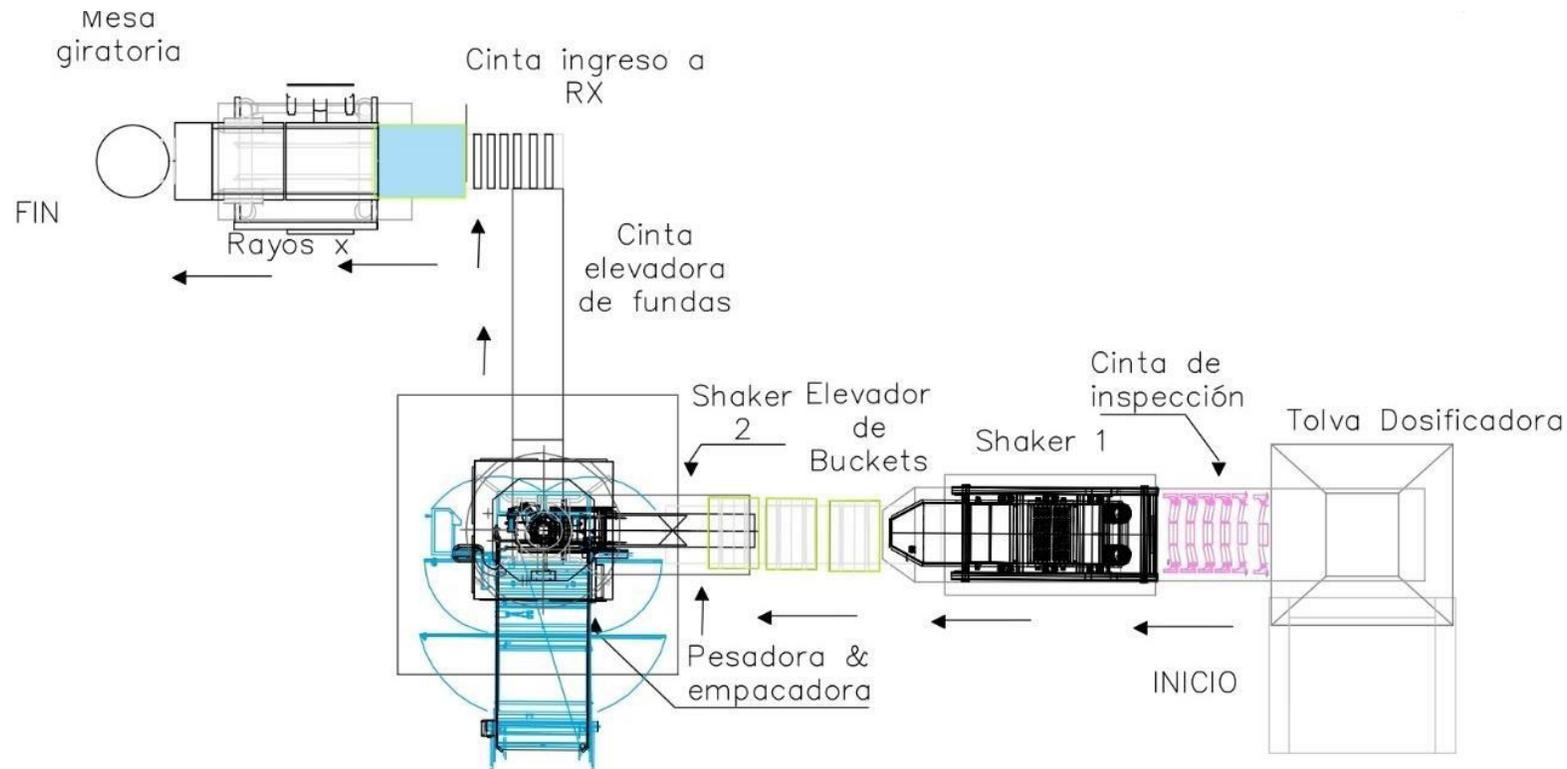
Descripción de la línea de proceso de pesaje y empaque

Empacadora automática



Descripción de la línea de proceso de pesaje y empaque

Equipos auxiliares



COMPONENTE

Motor 1 dosificador

Motor 2 cinta de inspección

Motor 3, 2 y 4 shaker 1

Motor 5 elevador de buckets

Motor 5 y 7 shaker 2

Motor 8 cinta salida de fundas

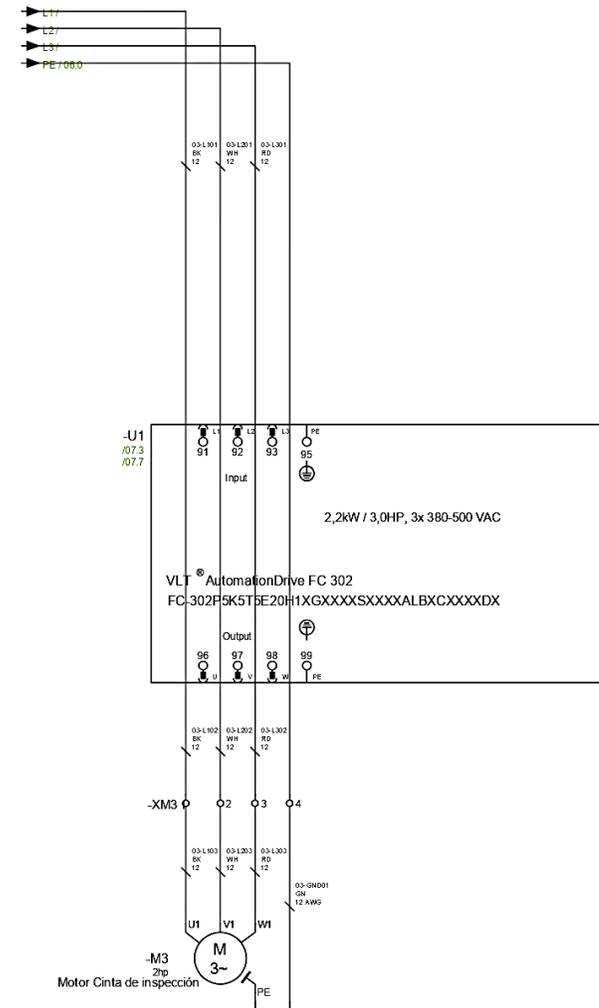
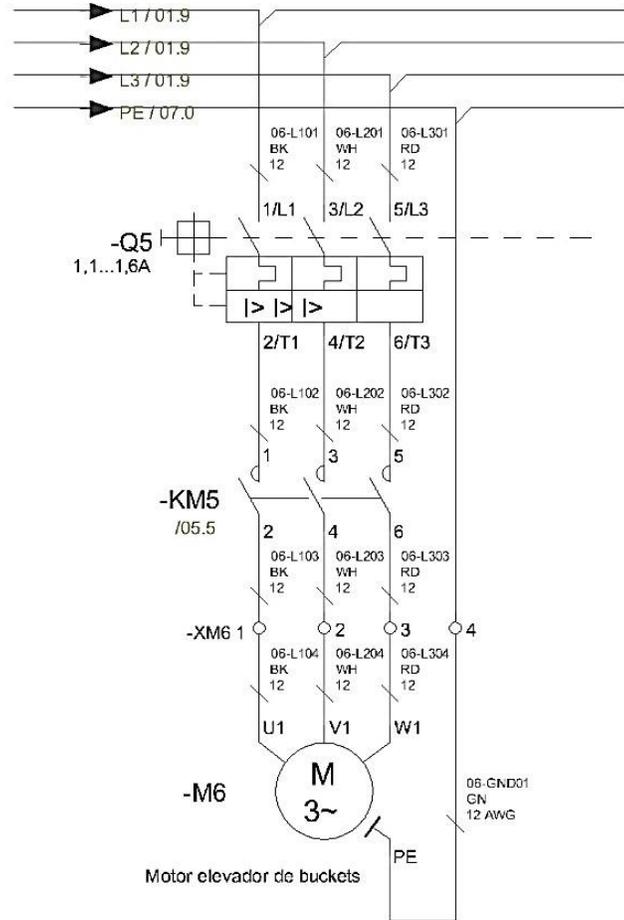
Motor 9 cinta de ingreso a rx

Motor 10 mesa giratoria



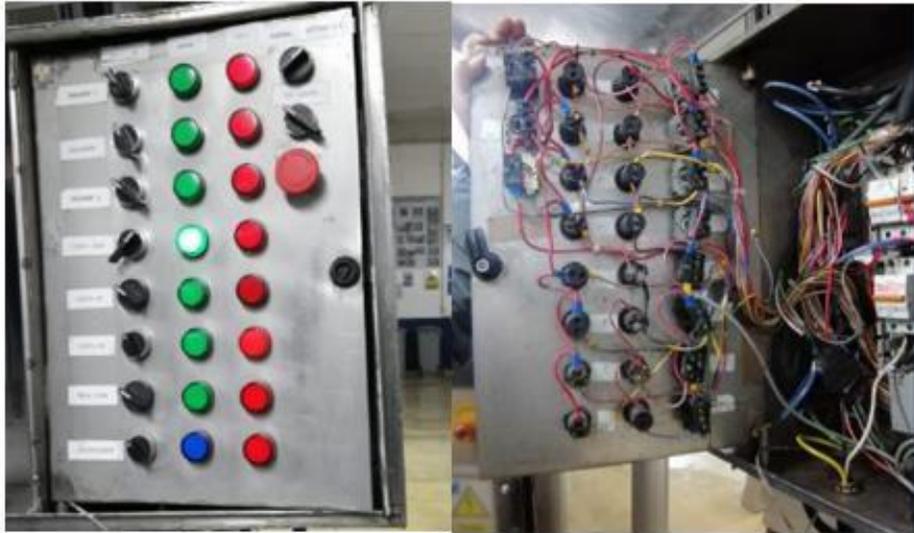
Implementación de mejoras en la línea de proceso

Diagrama eléctrico para el arranque de un motor



Implementación de mejoras en la línea de proceso

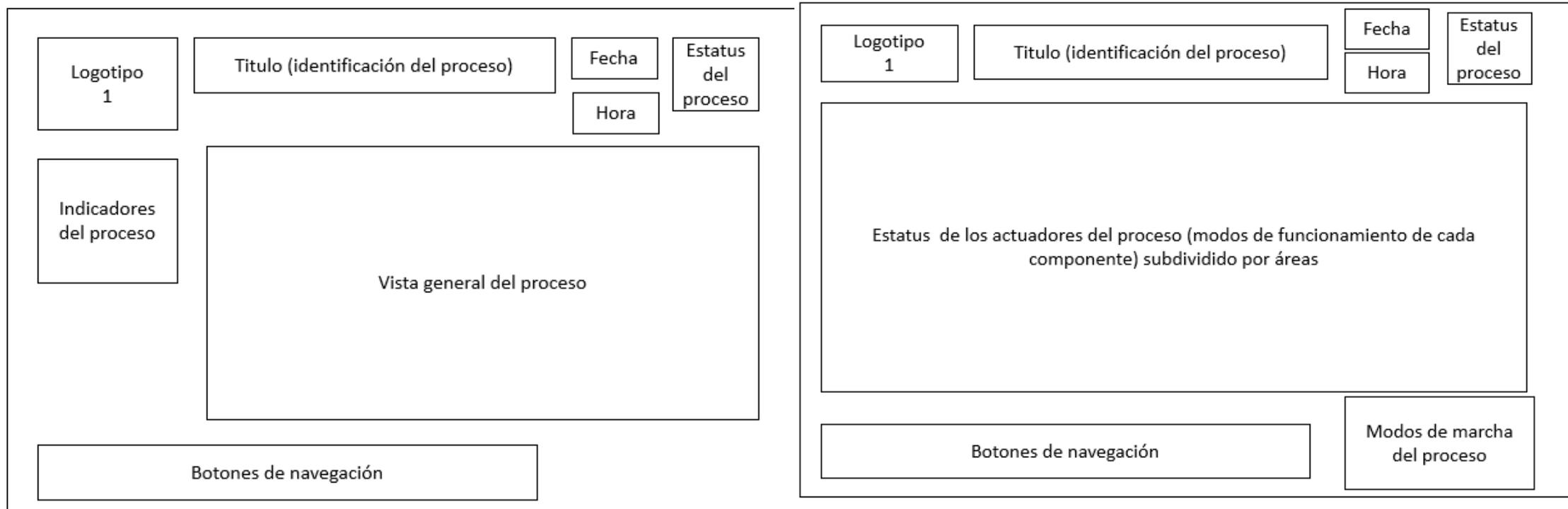
Tablero de accionamiento de equipos auxiliares



Implementación de mejoras en la línea de proceso

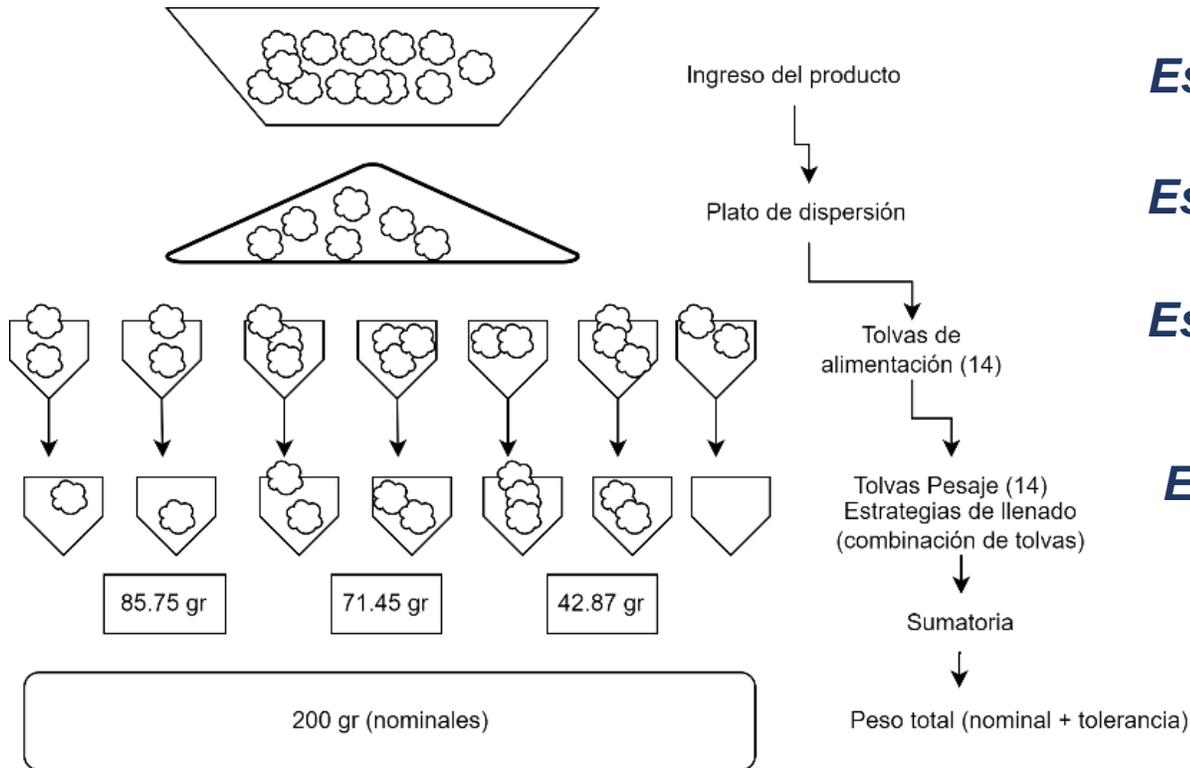
Diseño del HMI

Estructura y distribución de la pantalla principal y de control del HMI



Implementación de mejoras en la línea de proceso

Algoritmos para automatizar el pesaje de una balanza multicabezal



Estrategia 1 o subdivisión grupal 5

Estrategia 2 o subdivisión grupal 3

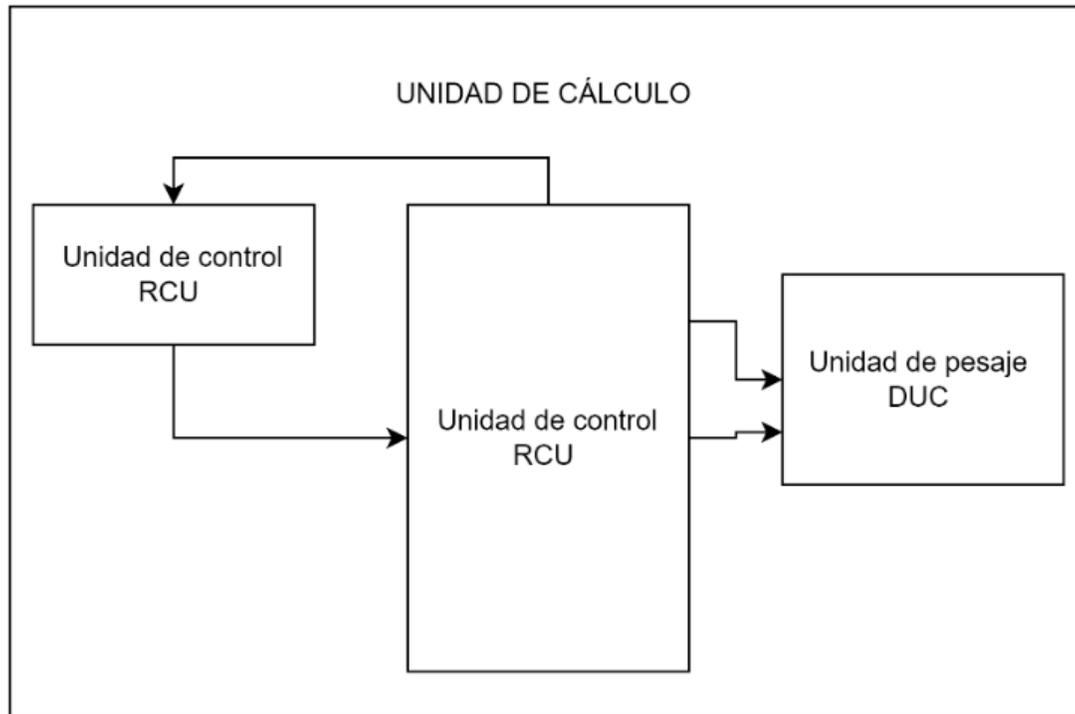
Estrategia 3 o combinaciones madre e hijo

Estrategia 4 o pesaje independiente



Implementación de mejoras en la línea de proceso

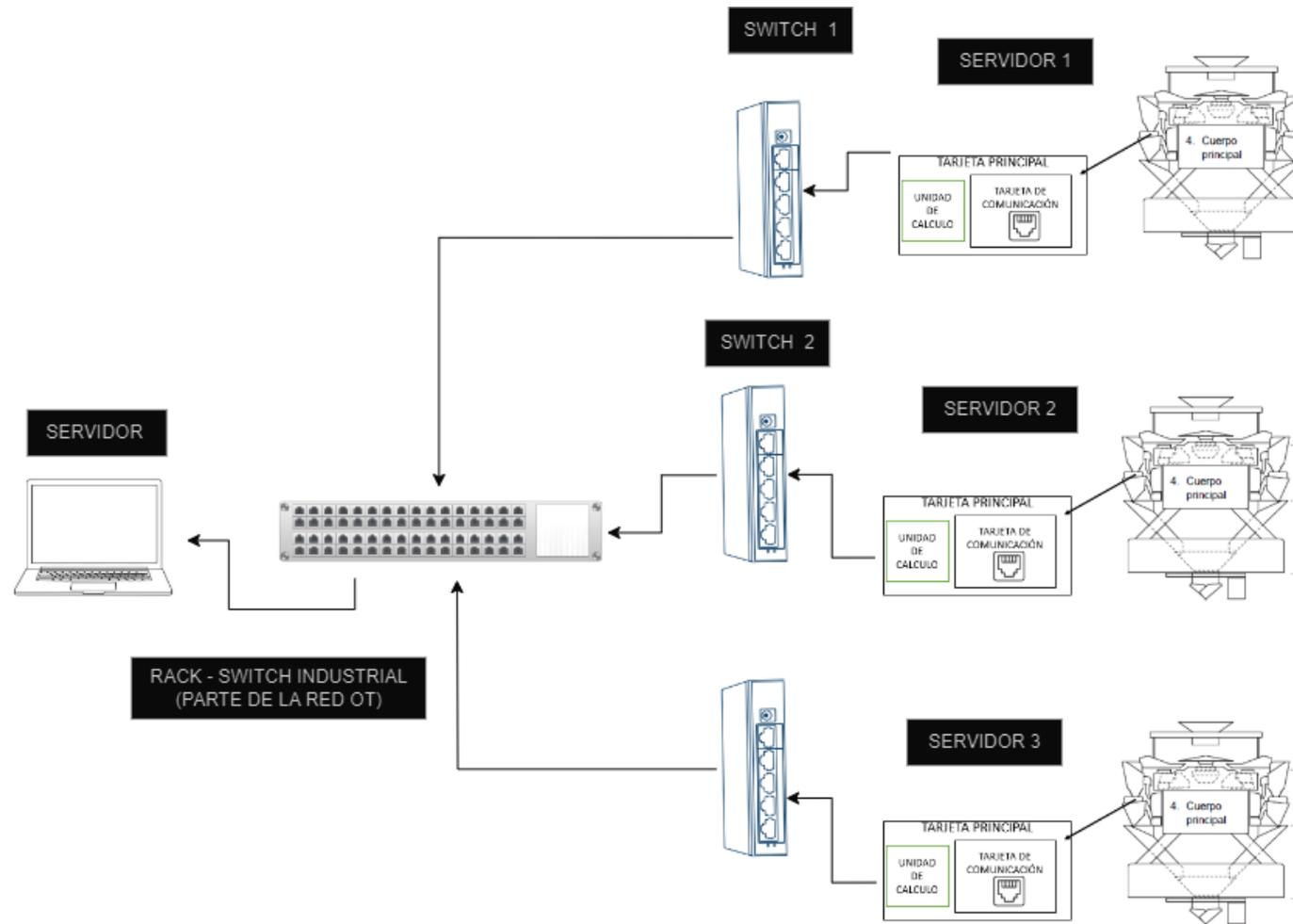
Unidad de cálculo



La unidad de cálculo tiene como objetivo de seleccionar las combinaciones más óptimas para el pesaje además realiza la interacción de lectura con cada tolva

Implementación de mejoras en la línea de proceso

Configuración de los módulos de comunicación



Implementación de mejoras en la línea de proceso

Configuración de los módulos de comunicación



TCP/IP SETTING EA : 00-30-16-01-00-05

EXIT

FTP HOST IP ADDRESS	192.168.0.10	IP ADDRESS	192.168.0.1
FTP USER NAME	anonymous	SUBNET MASK	ffffff00
FTP PASSWORD	*****	GATEWAY IP	
DESTINATION	FILE		
OUT-PUT FILE LINAGE SET	1000 LINE		

PRINT WRITE TO READ FROM



Implementación de mejoras en la línea de proceso

Configuración de los módulos de comunicación

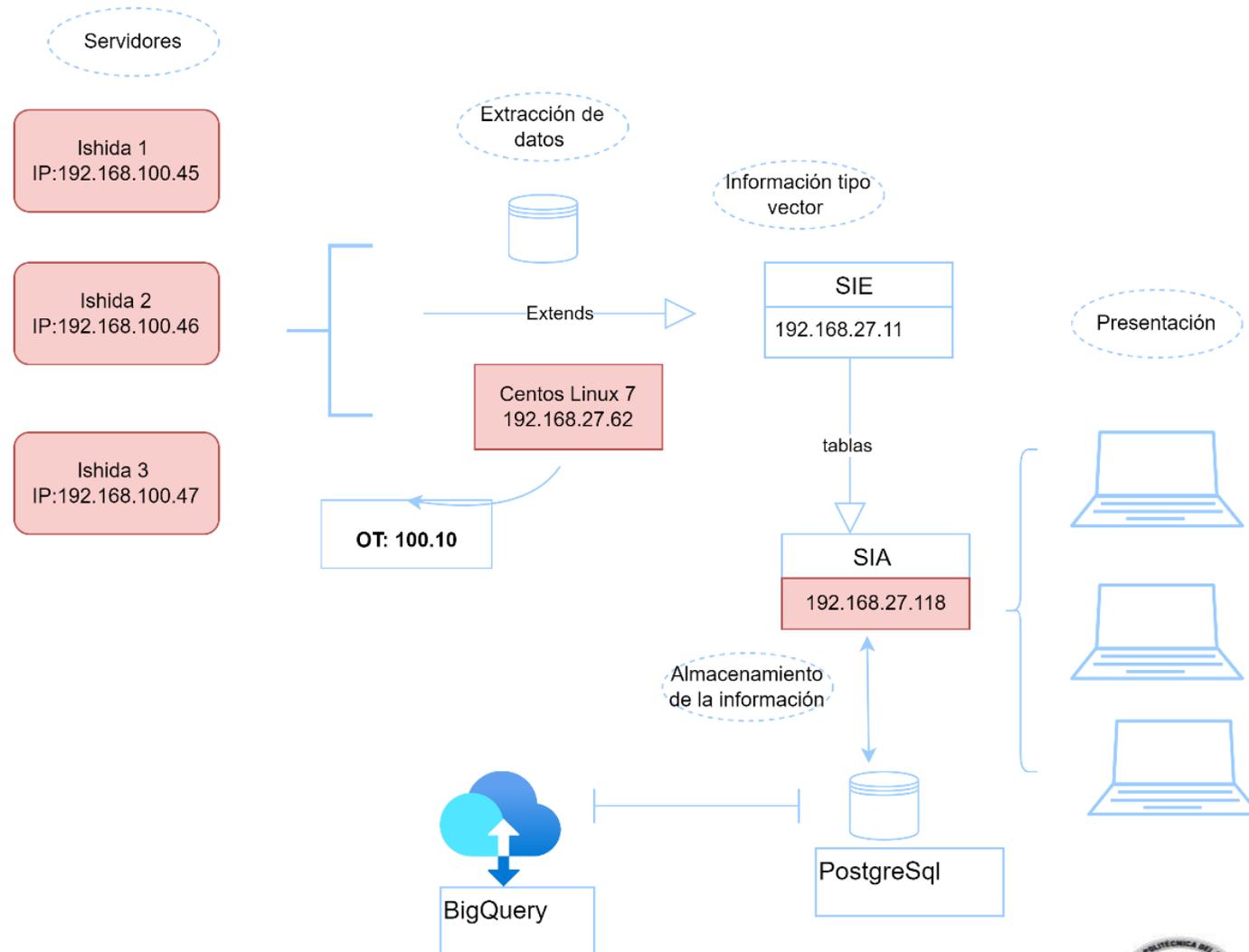
- El modelo de comunicación o arquitectura típica es cliente - servidor, donde el cliente solicita o envía datos a otro dispositivo servidor y este responde solicitudes.
- Esta variante de protocolo Modbus utiliza los puertos estándar 502 para comunicación no segura y 802 para Modbus TCP- SEC.
- Los mensajes están estructurados en paquetes de datos

PREFIJO	DESCRIPCIÓN
0	Bobinas
1	Entradas discretas
3	Registros de entrada
4	Registros de tendencia

Registro (inputs registers)	Descripción
182	Dirección del registro de entrada que almacena la variable peso
1632	Dirección del registro de entrada que almacena el estatus del equipo
1633	Dirección del registro de entrada que almacena el motivo de la detención del equipo
2027	Dirección del registro de entrada que almacena el peso nominal u objetivo



Arquitectura de red



Extracción de datos

1

```
from pymodbus.client.sync_diag import ModbusTcpClient
```

2

```
#Consulta PLC Modbus
client= ModbusTcpClient('192.168.100.45')
port=502
#Parametro para verificar es estatud de la conecion
if client.connect() == True:
    print("Entra bien")
```

3

```
#Mapeo direcciones
#182: PESO
#1632: ESTADO
#1633: MOTIVO PARA
#2027: PESO OBJETIVO

val_peso=client.read_input_registers(182,1,unit=1)
time.sleep(2)
val_estado=client.read_input_registers(1632,1,unit=1)
time.sleep(2)
val_motivo_para=client.read_input_registers(1633,1,unit=1)
# time.sleep(2)
# val_peso_objetivo=client.read_input_registers(2027,1,unit=1)
time.sleep(2)
val_speed=client.read_input_registers(911,2,unit=1)
```



Extracción de datos

4

```
if val_estado.registers[0] == 2:  
    val_estado = False    #NO ACTIVA  
elif val_estado.registers[0] == 6:  
    val_estado = True     #PRODUCIENDO
```

5

```
if val_motivo_para.registers[0] == 0:  
    val_motivo_para = "SIN ERRORES"  
elif val_motivo_para.registers[0] == 1:  
    val_motivo_para = "ERROR DE CALIBRACION"  
elif val_motivo_para.registers[0] == 2:  
    val_motivo_para = "WH ERROR"  
elif val_motivo_para.registers[0] == 3:  
    val_motivo_para = "PH ERROR"  
elif val_motivo_para.registers[0] == 4:  
    val_motivo_para = "BH ERROR"
```

5

```
x = []  
d={  
    'peso':val_peso.registers[0]/10,  
    # 'peso_objetivo':val_peso_objetivo.registers[0]/10,  
    'activo':val_estado,  
    'fecha':fecha_hoy,  
    'motivo_para':val_motivo_para,  
    'num_reempacadora':'R3',  
    # 'speed':val_speed_w.registers[0]/10,  
    'speedw':val_speed_w/10,  
    'speed':val_speed_p/10,  
}  
  
x.append(d)  
  
print(x)
```



Presentación de datos: Python/Django

DESDE:

HASTA:

[Limpiar](#)

{% if inicio == 'None' and fin == 'None' %} [Exportar a Excel](#) {% else %} [Exportar a Excel](#) {% endif %}



{% for i in reg %} {% if i.activo == True %} {% else %} {% endif %} {% endfor %}

N°	Num Rempaque	Fecha	Rempacadora	Receta	Peso(gramos)	Estado	Motivo Para
{{ forloop.counter0 add:reg.start_index }}	{{ i.num_rempaque default:"-" }}	{{ i.fecha timezone:"UTC" date:"Fd, Y H:i:s" }}	{{ i.num_reempacadora }}	{{ i.receta default:"-" }}	{{ i.peso }}	ACTIVA	DETENIDA

{% if reg.has_previous %} [« inicio previo](#) {% endif %} Page {{ reg.number }} of {{ reg.paginator.num_pages }}. {% if reg.has_next %} [próximo último »](#) {% endif %}



Presentación de datos: Python/Django

Fecha	Rempacadora	Receta	Peso Objetivo (gramos)	Peso Real (gramos)	Estado	Motivo Para
Agosto 29, 2023 13:04:04	R2	--	--	0.0	PRODUCIENDO	SIN ERRORES
Agosto 29, 2023 13:03:47	R2	--	--	1004.6	PRODUCIENDO	SIN ERRORES
Agosto 29, 2023 13:03:32	R2	--	--	1004.5	PRODUCIENDO	SIN ERRORES
Agosto 29, 2023 13:03:17	R2	--	--	1007.5	PRODUCIENDO	SIN ERRORES
Agosto 29, 2023 13:03:03	R2	--	--	1007.5	DETENIDA	ZERO ADJUSTMENT
Agosto 29, 2023 13:02:48	R2	--	--	1007.5	DETENIDA	STOP KEY PRESSED
Agosto 29, 2023 13:02:33	R2	--	--	1007.5	DETENIDA	ERROR CLEAR
Agosto 29, 2023 13:02:18	R2	--	--	1007.5	DETENIDA	ERROR CLEAR
Agosto 29, 2023 13:02:03	R2	--	--	1007.5	DETENIDA	PH ERROR
Agosto 29, 2023 13:01:48	R2	--	--	1007.5	DETENIDA	PH ERROR
Agosto 29, 2023 13:01:33	R2	--	--	1007.5	DETENIDA	ERROR CLEAR



Transformación de datos: Apache Beam

```
from apache_beam.options.pipeline_options import PipelineOptions, GoogleCloudOptions
# os.environ["GOOGLE_APPLICATION_CREDENTIALS"]="/data/beam_ve/calcium-pod-356014-f575dc4d8546.json"
from sys import argv
from datetime import datetime
import apache_beam as beam
from apache_beam.options.pipeline_options import PipelineOptions
from apache_beam.io.gcp.bigquery import WriteToBigQuery
import requests
```

Almacenamiento de datos de manera local en Postgre Sql

```
from beam_nuggets.io import relational_db

options = PipelineOptions()

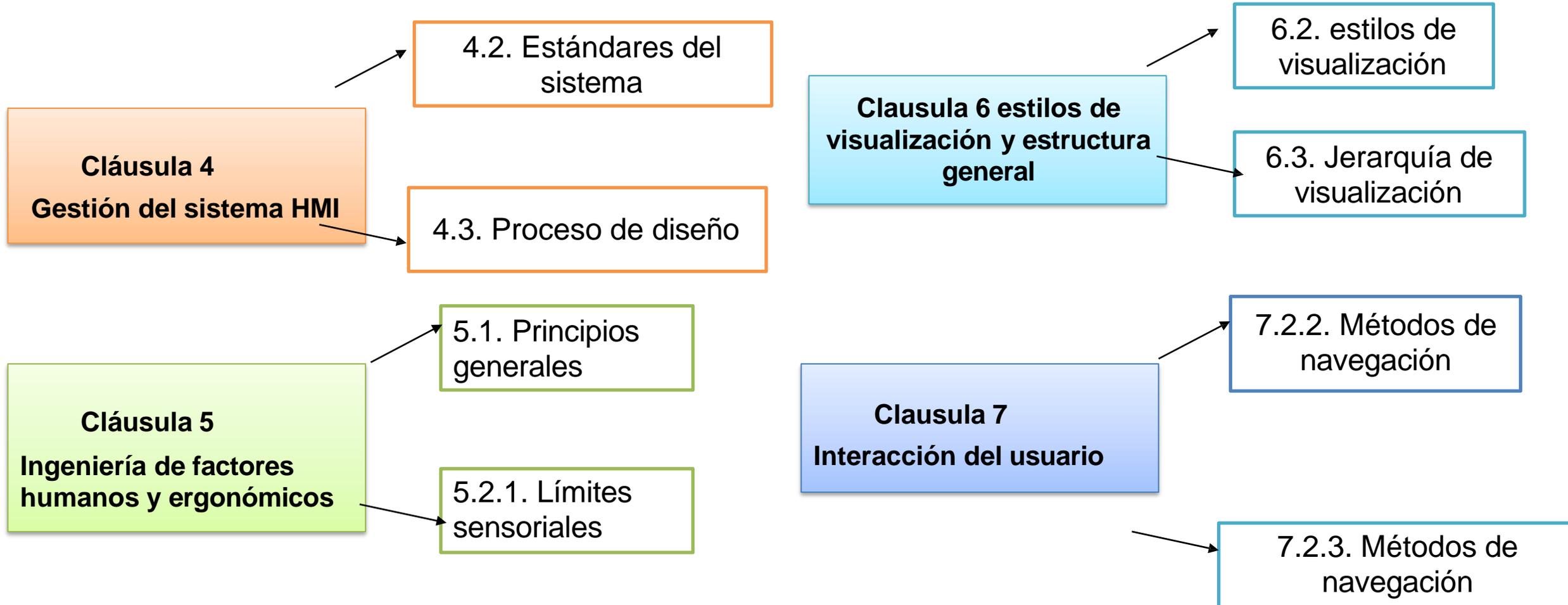
source_config = relational_db.SourceConfiguration(
    drivename='postgresql+pg8000', #postgresql+pg8000
    host='192.168.27.118',
    port=5432,
    username='django',
    password='eco123456',
    database='db_test',
    create_if_missing=False # create the database if not there
)
```

Configuración de Big Query

```
#|"Escribe a BigQuery" >>WriteToBigQuery(method=WriteToBigQuery.Method.STREAMING_INSERT,
#                                          table='calcium-pod- :dataset_1.EV_RY')
```



Principales cláusulas de la normativa ANSI 101



Principios de diseño de HMI de alto rendimiento

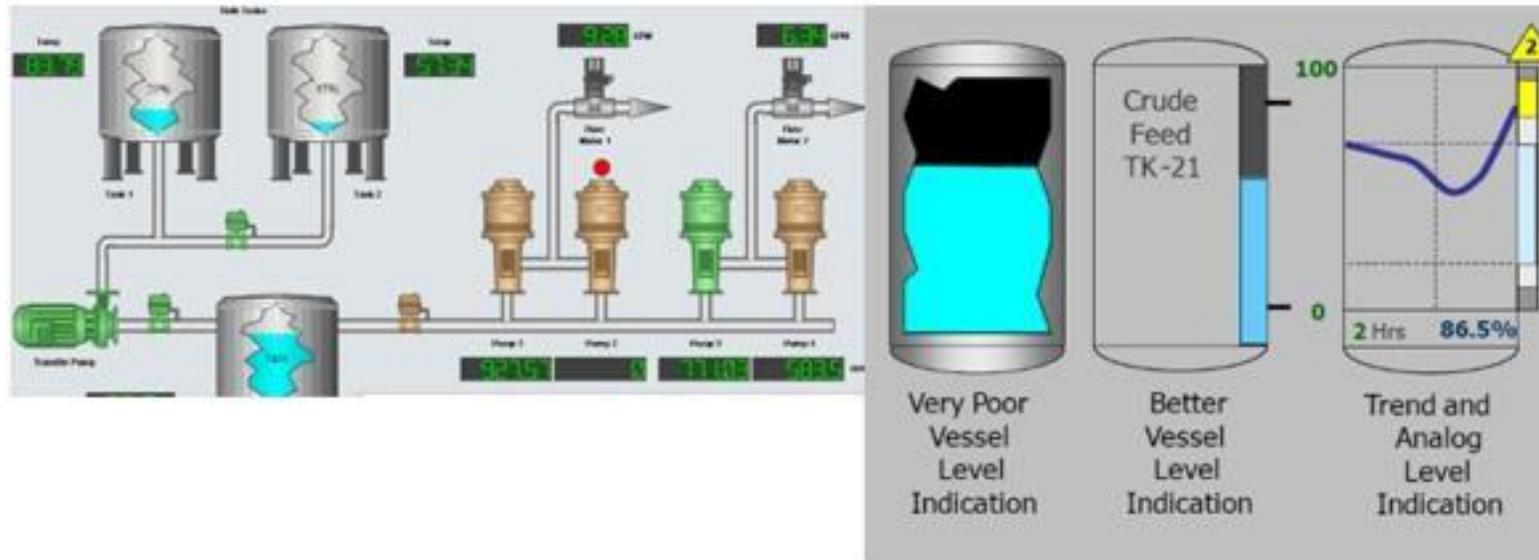
Rendimiento grafico

Rendimiento y tiempo real

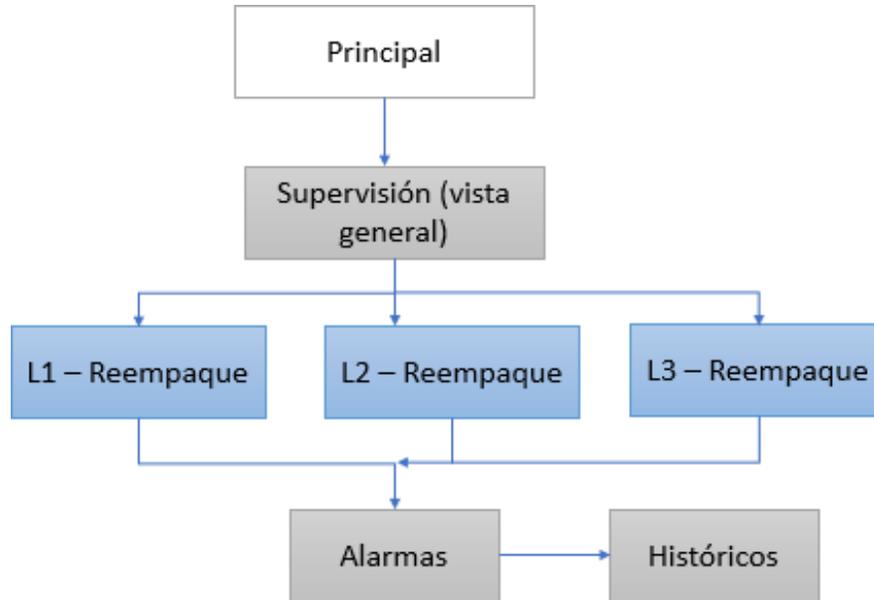
Representación de datos e información del proceso

Uso de colores

Ergonomía y usabilidad

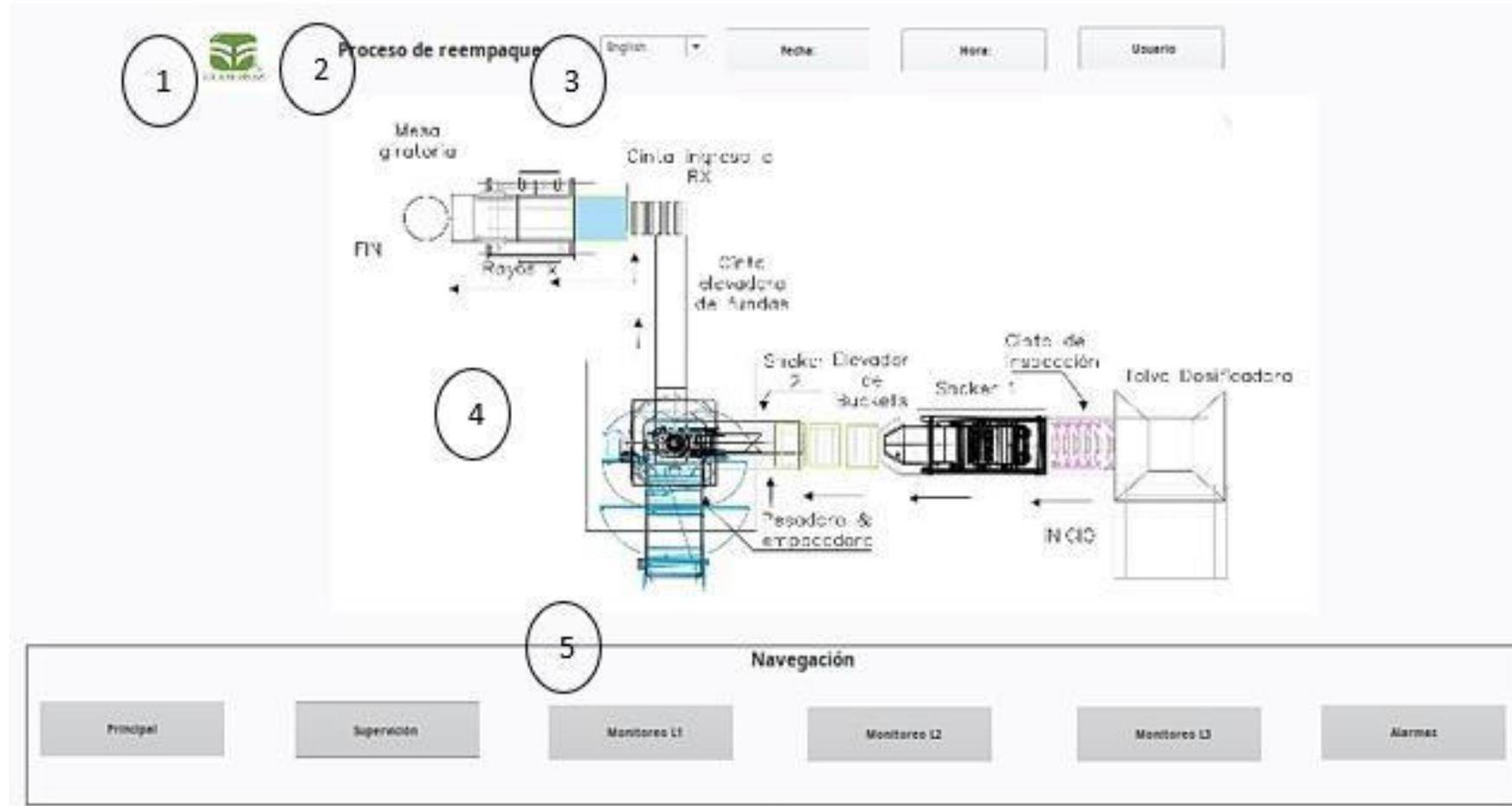


Jerarquía de pantallas para el sistema SCADA



Name	Title	Inheritable	Inheritance Hierarchy	Actions
EMPACADORA	EA1	false		OPEN ⓘ

Diseño pantalla principal



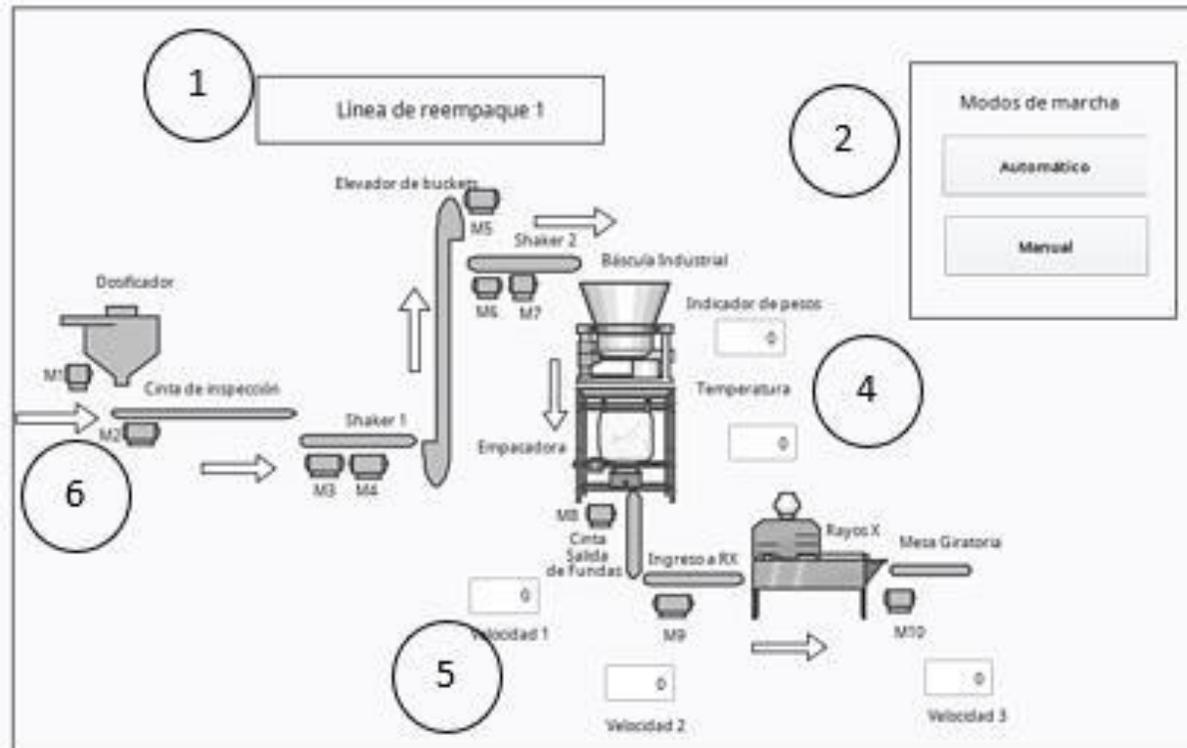
Diseño de la pantalla de supervisión

Líneas de proceso de reempaque: Vista General

Fecha:

Hora:

Usuario



Modos de marcha

Automático

Manual

Línea 1 - Indicadores

Funcionamiento

Parada

Parada de emergencia

Línea 2 - Indicadores

Funcionamiento

Parada

Parada de emergencia

Línea 3 - Indicadores

Funcionamiento

Parada

Parada de emergencia

Navegación

Principal

Monitoreo L1

Monitoreo L2

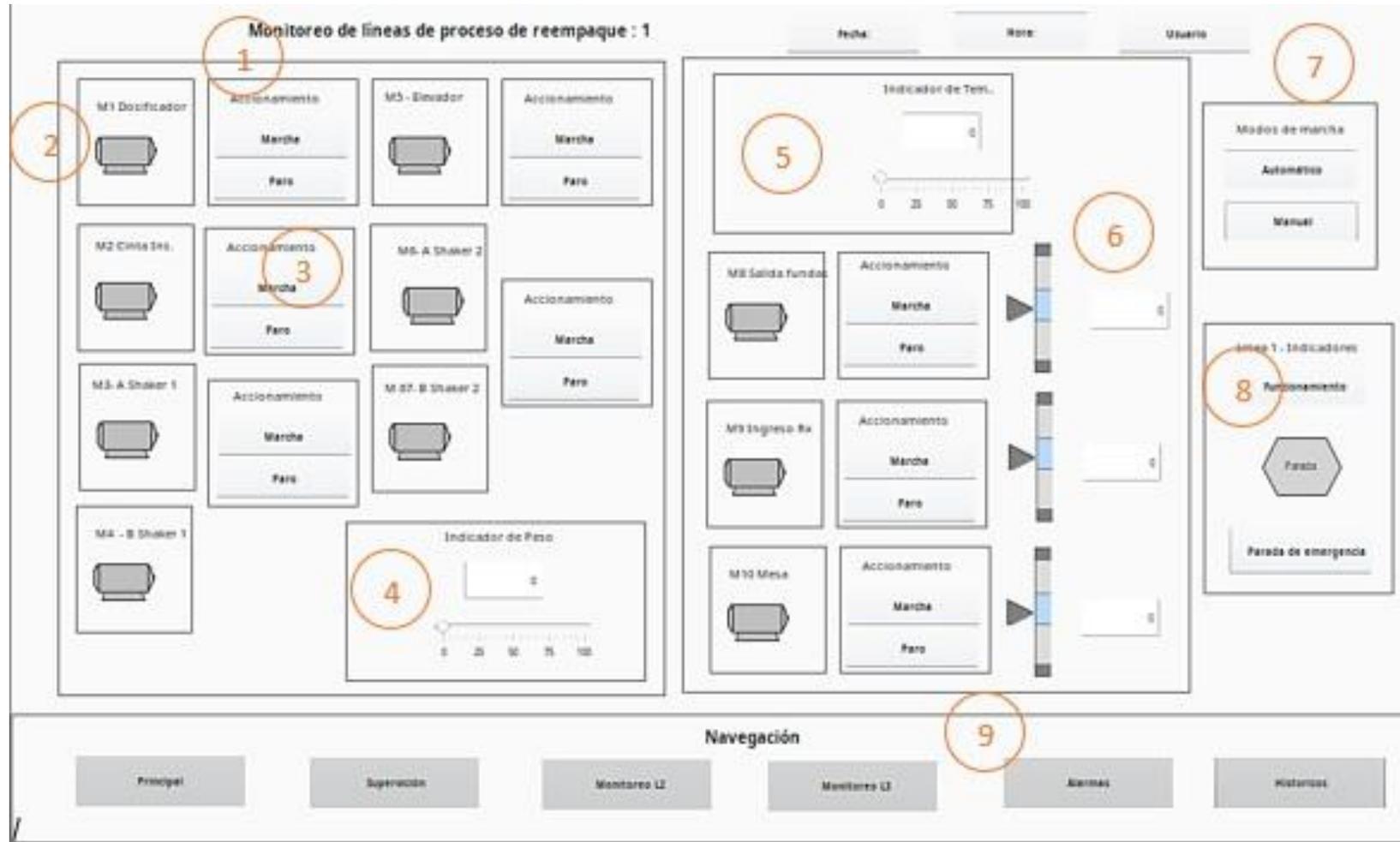
Monitoreo L3

Alarmas

Historicos



Pantalla de monitoreo de las líneas de proceso



Pantalla de monitoreo de alarmas

Líneas de proceso de reempaque- Alarmas

Fecha: Hora: Usuario

Event Time	Event Id	Display Path	Event State	Priority	System Event?	Ack'd By	Event Value	Current State	Label
2/8/24 3:04 AM	3122e10e-b...	Ramp High Alarm	Clear	Low	False		-9.9093	Cleared, Un...	High Alarm
2/8/24 3:04 AM	3122e10e-b...	Ramp High Alarm	Active	Low	False		9.0293	Active, Unac...	High Alarm
2/8/24 3:04 AM	f3d4c737-21...	Ramp High Alarm	Ack	Low	False	Live Event U...		Cleared, Ack...	High Alarm
2/8/24 3:02 AM	50f1ea2f-47...	Ramp High Alarm	Clear	Low	False		1.6753	Cleared, Un...	High Alarm

4 events

Event Time	Event Id	Display Path	Event State	Priority	System Event?	Ack'd By	Event Value	Current State	Label
2/8/24 3:04 AM	3122e10e-b...	Ramp High Alarm	Clear	Low	False		-9.9093	Cleared, Un...	High Alarm
2/8/24 3:04 AM	3122e10e-b...	Ramp High Alarm	Active	Low	False		9.0293	Active, Unac...	High Alarm
2/8/24 3:04 AM	f3d4c737-21...	Ramp High Alarm	Ack	Low	False	Live Event U...		Cleared, Ack...	High Alarm
2/8/24 3:02 AM	50f1ea2f-47...	Ramp High Alarm	Clear	Low	False		1.6753	Cleared, Un...	High Alarm

4 events

Event Time	Event Id	Display Path	Event State	Priority	System Event?	Ack'd By	Event Value	Current State	Label
2/8/24 3:04 AM	3122e10e-b...	Ramp High Alarm	Clear	Low	False		-9.9093	Cleared, Un...	High Alarm
2/8/24 3:04 AM	3122e10e-b...	Ramp High Alarm	Active	Low	False		9.0293	Active, Unac...	High Alarm
2/8/24 3:04 AM	f3d4c737-21...	Ramp High Alarm	Ack	Low	False	Live Event U...		Cleared, Ack...	High Alarm
2/8/24 3:02 AM	50f1ea2f-47...	Ramp High Alarm	Clear	Low	False		1.6753	Cleared, Un...	High Alarm

4 events

Linea 1 - Indicadores

Funcionamiento

Parada

Parada de emergencia

Linea 2 - Indicadores

Funcionamiento

Parada

Parada de emergencia

Linea 3 - Indicadores

Funcionamiento

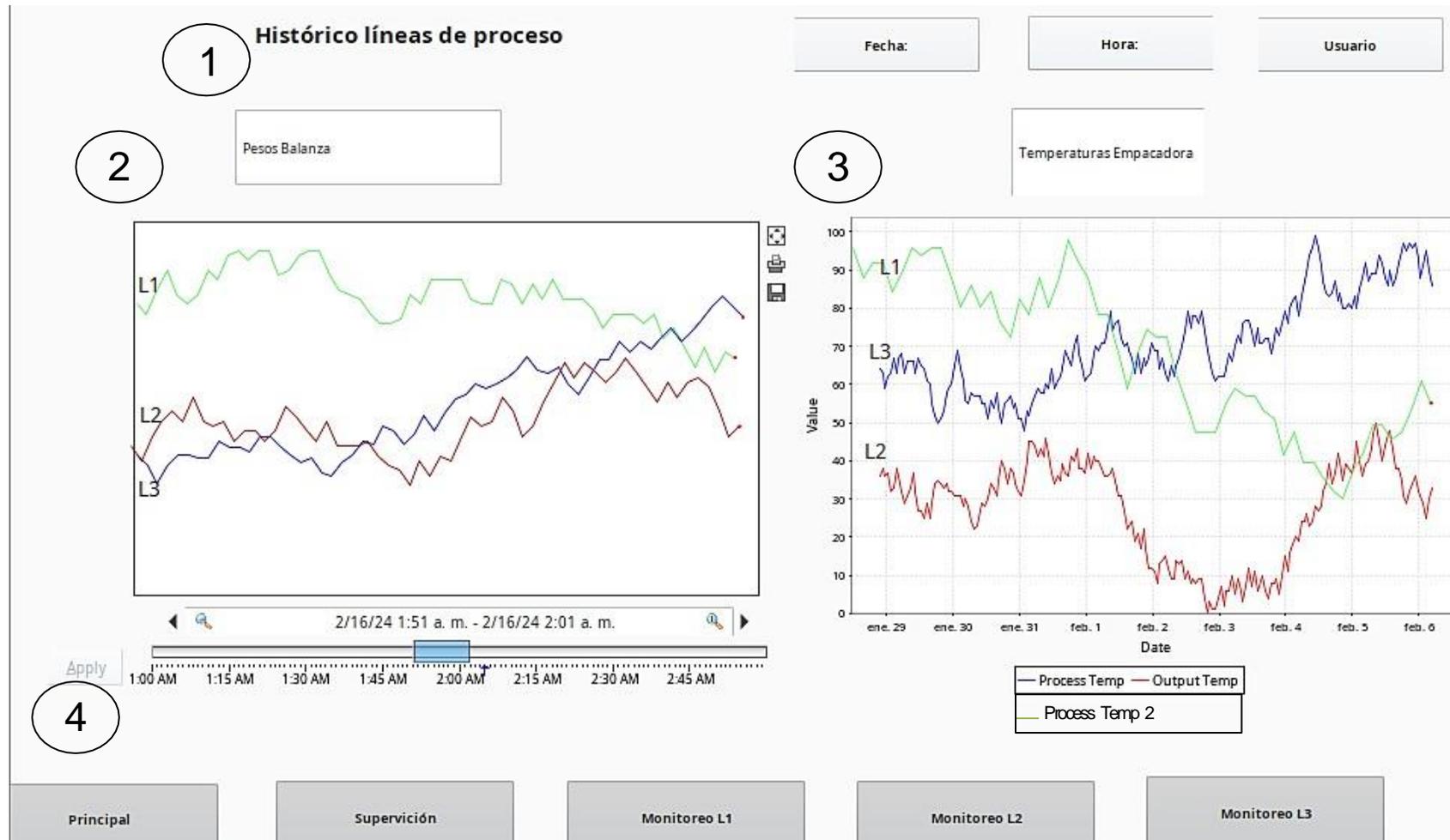
Parada

Parada de emergencia

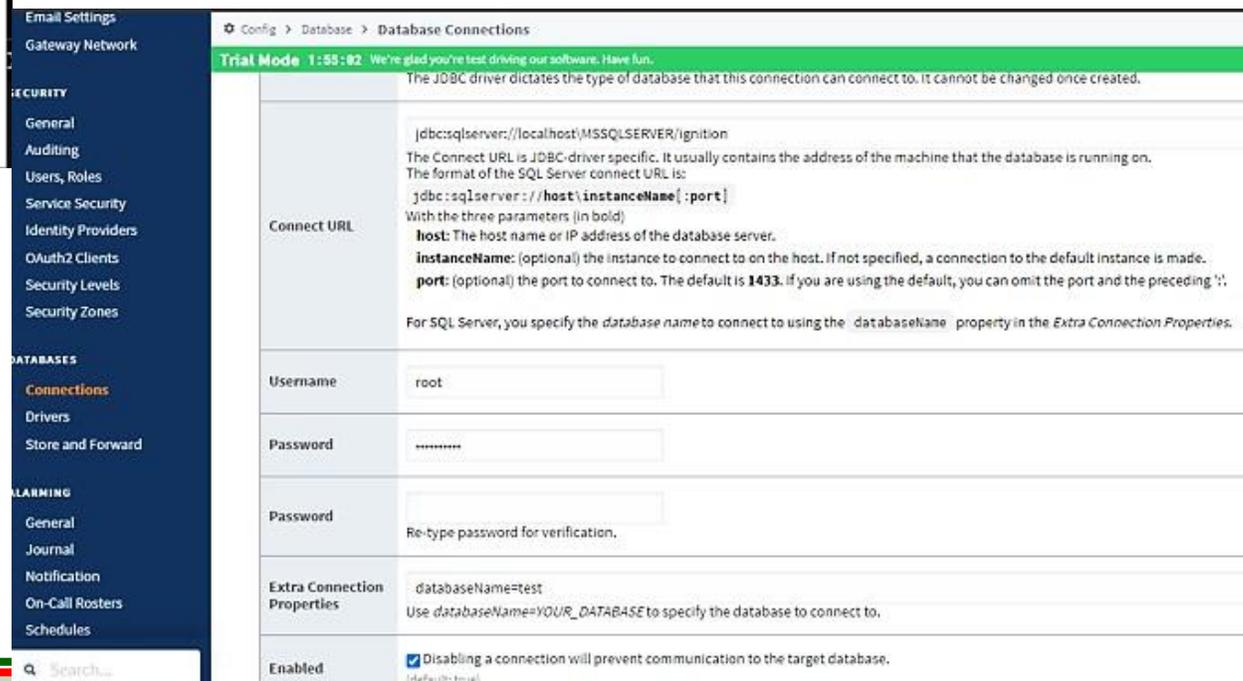
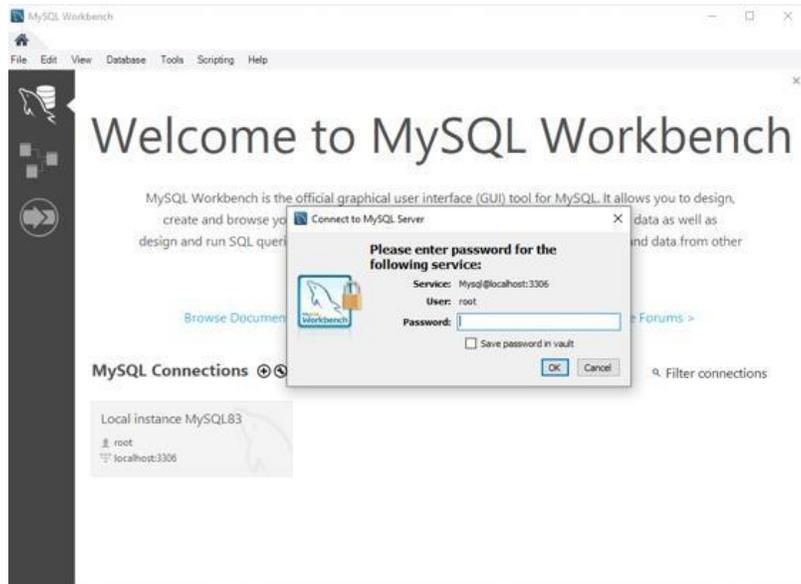
Navegación

Principal Supervisión Monitoreo L1 Monitoreo L2 Monitoreo L3 Historicos

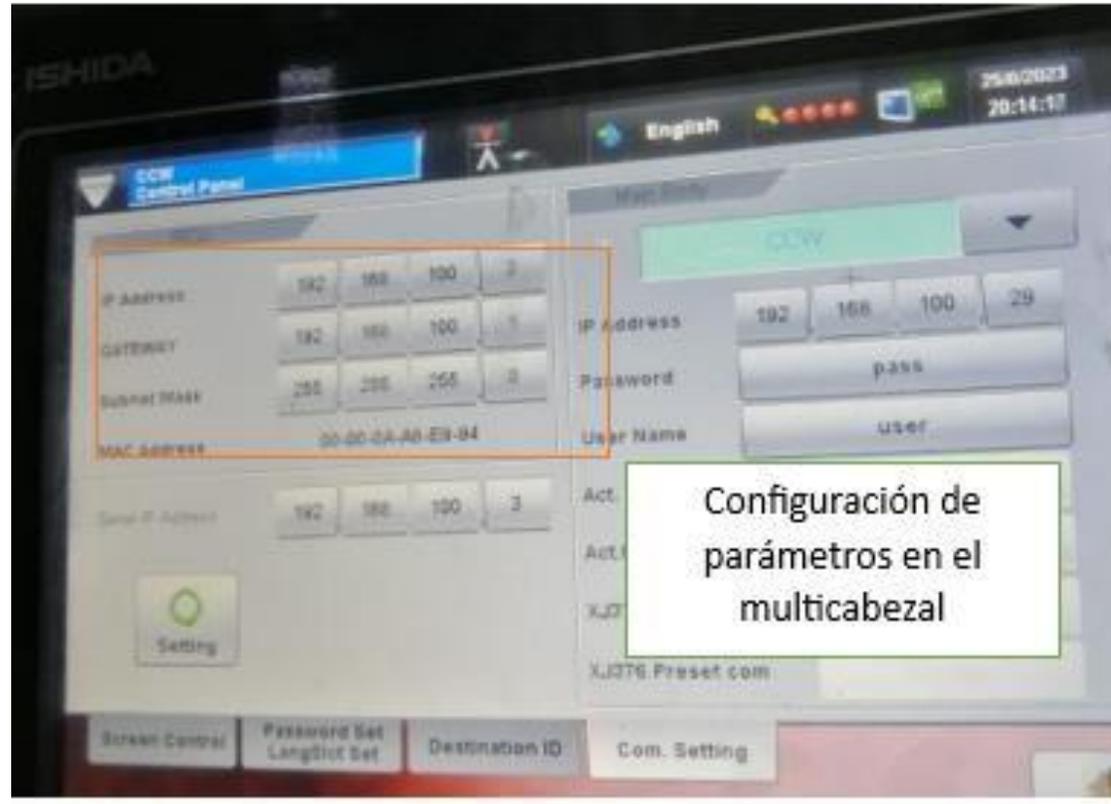
Pantalla de tendencias



Configuración de la base de datos



Pruebas de conectividad con las pesadoras automáticas.



Pruebas de conectividad con las pesadoras automáticas.

```
Microsoft Windows [Versión 10.0.19044.3086]  
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
```

```
C:\Users\OPERACIONES6>ping 192.168.100.41
```

```
Haciendo ping a 192.168.100.41 con 32 bytes de datos:  
Respuesta desde 192.168.100.41: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255  
Respuesta desde 192.168.100.41: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255  
Respuesta desde 192.168.100.41: bytes=32 tiempo=2ms TTL=255  
Respuesta desde 192.168.100.41: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255
```

```
Estadísticas de ping para 192.168.100.41:  
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0  
(0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms
```

Verificación de envío de
paquetes y latencia



Pruebas de conectividad con las pesadoras automáticas.

```
conectado.py > ...
1 import threading
2 import time
3 import math
4 from pymodbus.client.sync_diag import ModbusTcpClient
5 from pymodbus.payload import BinaryPayloadDecoder
6 from pymodbus.constants import Endian
7 from pymodbus.payload import BinaryPayloadBuilder
8 # dirección IP del dispositivo Modbus
9 # crear un cliente Modbus TCP
10 # 45 ip linea 3
11 # 43 ip 12
12 cliente ModbusTcpClient(192.168.10.12)
13 # establecer conexión con el dispositivo
14 print(cliente.connect())
```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL

```
Ocurrió un error: Modbus Error: [Connection] ModbusTcpClient(192.168.10.12)
into read of 8 bytes without response from slave before it closed conn
PS C:\Users\OPERACIONES6\Documents\PRUEBAS_Py> cd "c:\Users\OPERACIONES6\Documents\PRUEBAS_Py"
PS C:\Users\OPERACIONES6\Documents\PRUEBAS_Py> python .\conectado.py
True
PS C:\Users\OPERACIONES6\Documents\PRUEBAS_Py>
```

Pymodbus client

Conexión con el equipo

Respuesta exitosa



Pruebas de conectividad con las pesadoras automáticas.

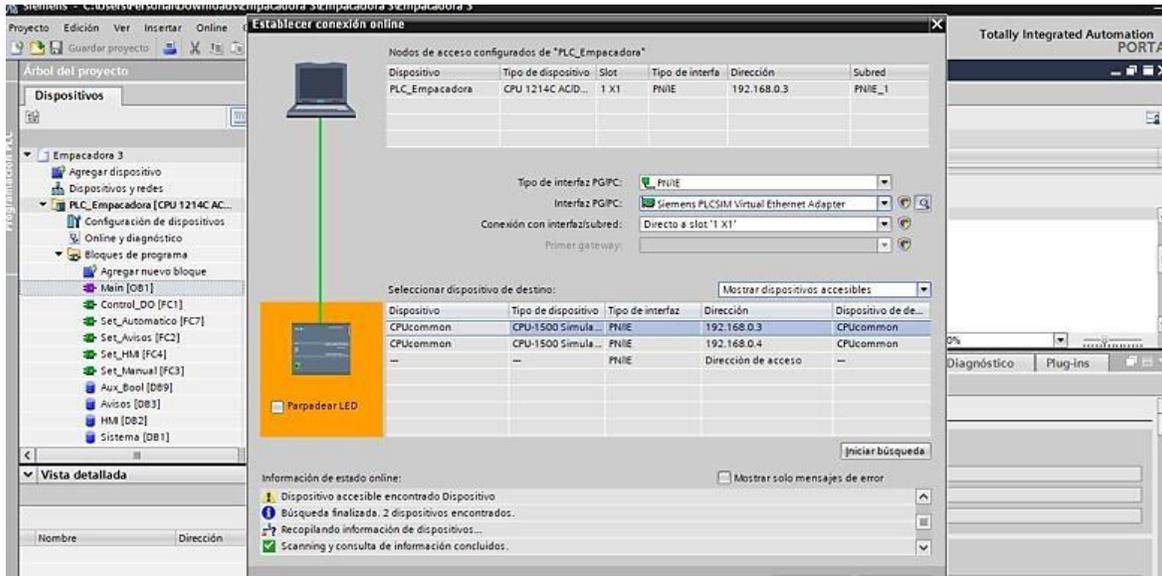
Time Stamp	Value	Quality	Log Reason
2023-08-09 15:09:03.028	255.4	Good	Time sample
2023-08-09 15:04:03.019	255.4	Good	Time sample
2023-08-09 14:59:03.013	255.4	Good	Time sample
2023-08-09 14:54:02.023	255.4	Good	Quality change
2023-08-09 14:54:01.018	1.674e+07	Good	Value before change
2023-08-09 14:54:01.018	255.4	Good	Value change
2023-08-09 14:54:01.018	255.4	Bad, waiting for initial data	Quality change
2023-08-09 14:53:50.012	1.674e+07	Good	Quality change
2023-08-09 14:53:49.019	82.94	Bad, configuration error	Quality change
2023-08-09 14:53:29.012	82.94	Bad, waiting for initial data	Quality change

Variable (Peso)

Estatus de la conexión

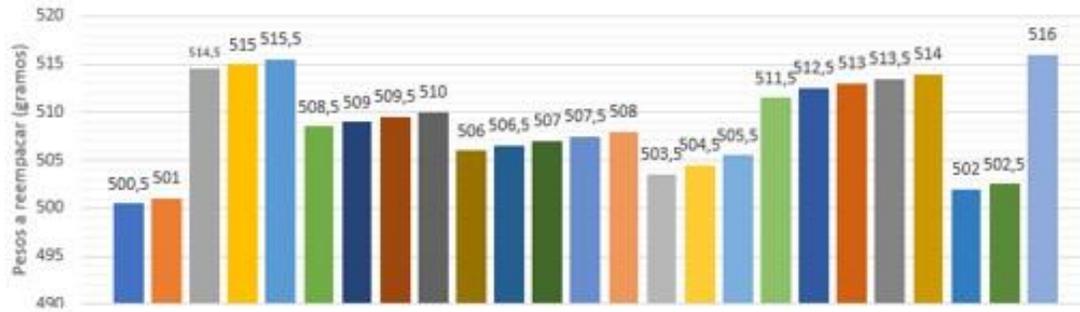
IP del servidor

Pruebas de conectividad del PLC y HMI



Resultados del equipo 1

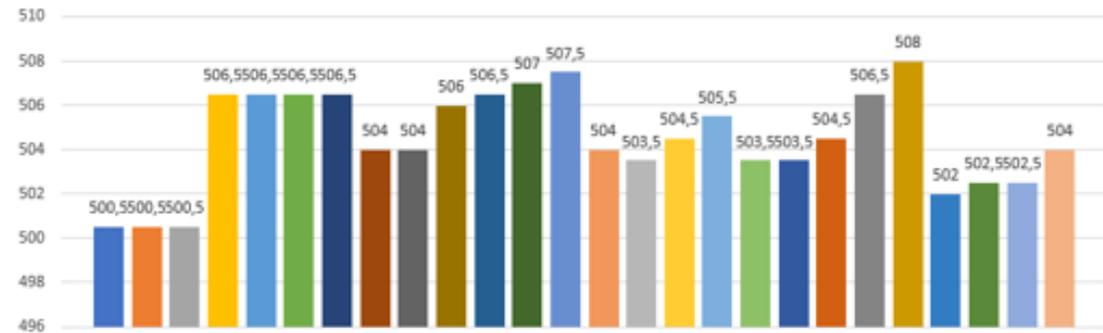
TENDENCIA DE PESOS (FORMA MANUAL) PESADORA 1



De este muestreo se obtuvo los siguientes resultados:

- Peso máximo: 516 gramos
- Peso mínimo: 500.5 gramos
- Promedio: 508.68 gramos |
- Desviación estándar: 8.78 gramos

TENDENCIA DE PESOS (DIRECTOS) - BALANZA 1

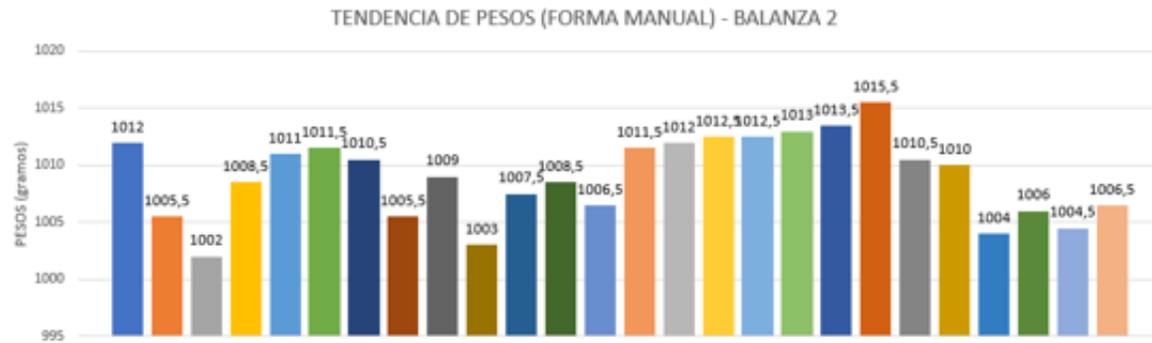


De la muestra analizada se obtuvo los siguientes resultados e interpretaciones:

- Peso máximo: 508 gramos
- Peso mínimo: 500.5 gramos
- Promedio: 504 gramos
- Desviación estándar: 2.2 gramos



Resultados del equipo 2



De este muestreo se obtuvo los siguientes resultados:

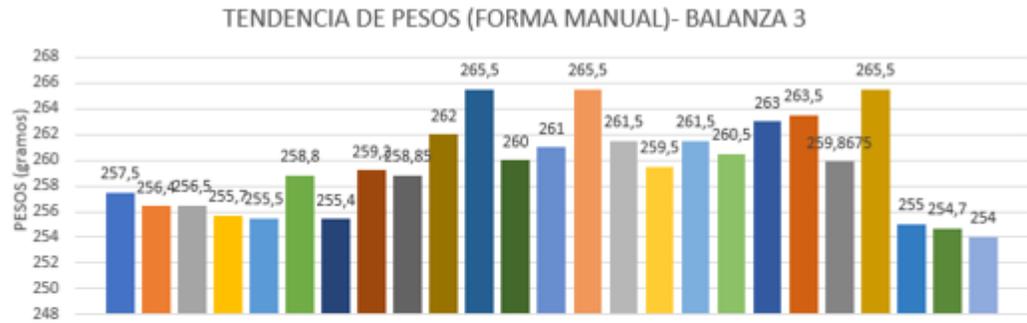
- Peso máximo: 1015.5 gramos
- Peso mínimo: 1002 gramos
- Promedio: 1009.06 gramos
- Desviación estándar: 8.58 gramos



De la muestra analizada se obtuvieron los siguientes resultados e interpretaciones:

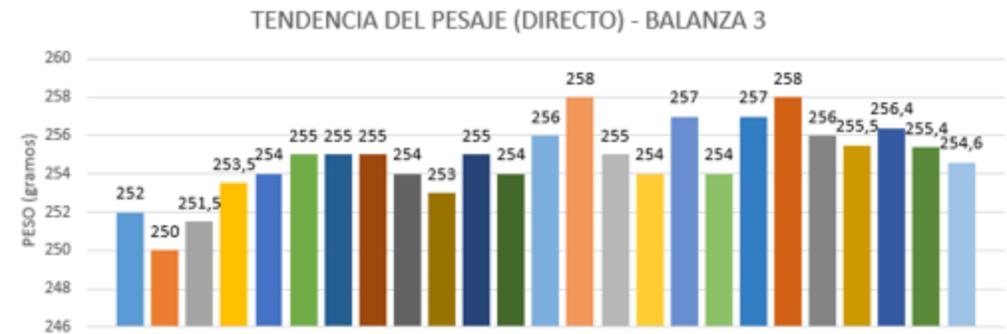
- Peso máximo: 1009.5 gramos
- Peso mínimo: 1000.5 gramos
- Promedio: 1003.73 gramos
- Desviación estándar: 2.56 gramos

Resultados del equipo 3



De la muestra analizada se obtuvo los siguientes resultados e interpretaciones:

- Peso máximo: 265.5 gramos
- Peso mínimo: 254 gramos
- Promedio: 258.7 gramos

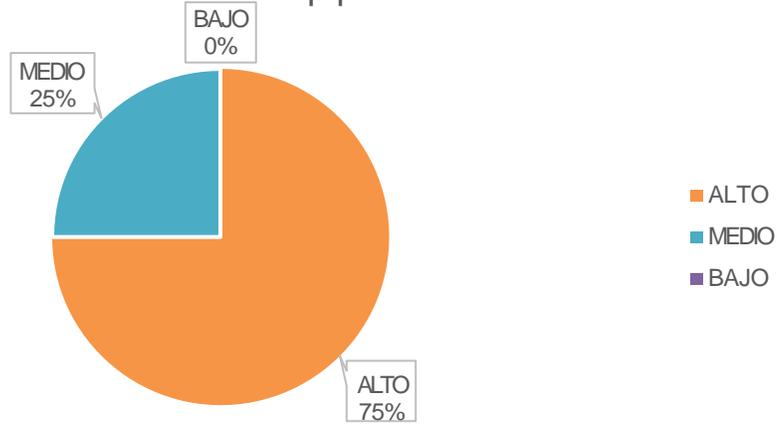


De la muestra analizada se obtuvo los siguientes resultados e interpretaciones:

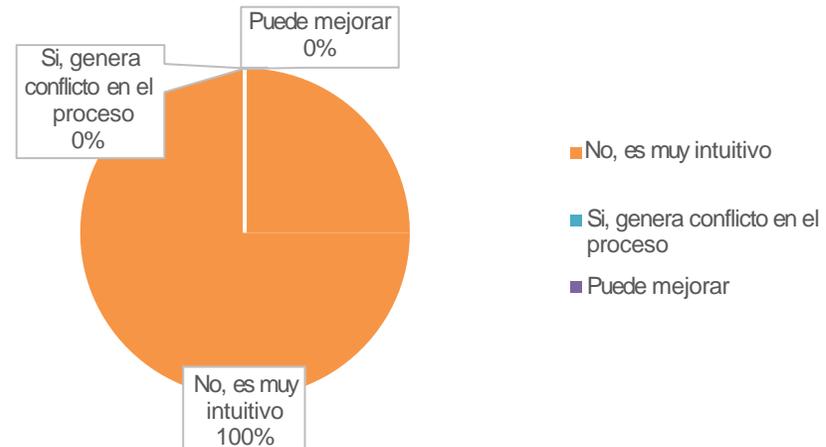
- Peso máximo: 258 gramos
- Peso mínimo: 251.5 gramos
- Promedio: 254.76 gramos

Resultados de la usabilidad del HMI

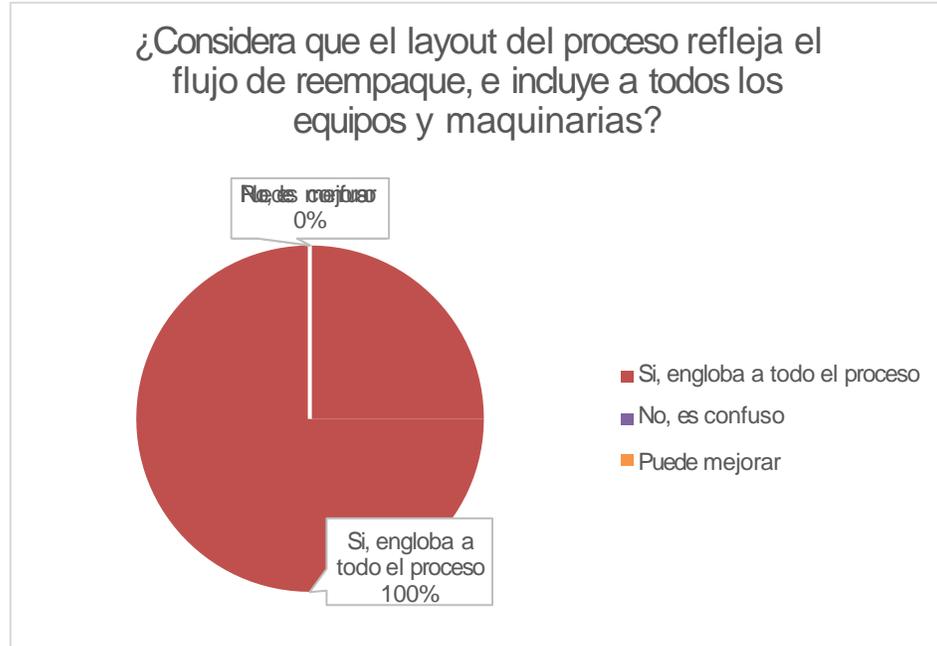
¿En que nivel considera intuitiva al uso del HMI para el accionamiento de equipos auxiliares?



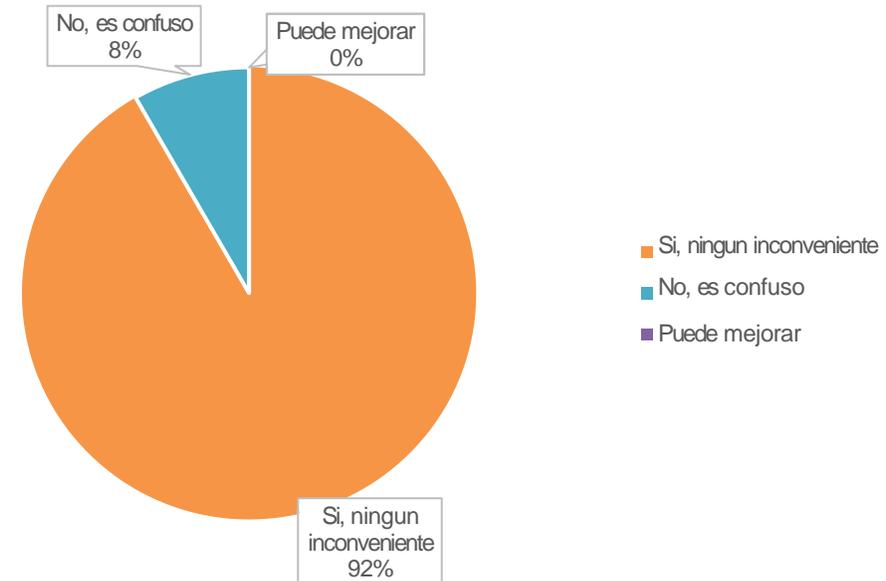
¿A nivel operativo ha tenido inconvenientes en el accionamiento del modo de marcha manual?



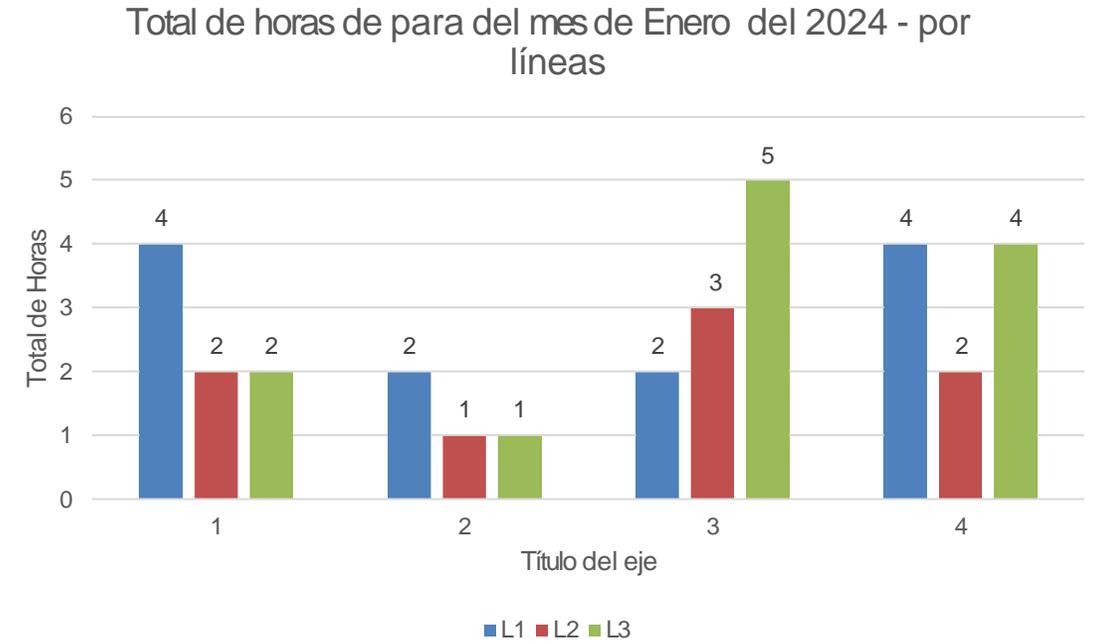
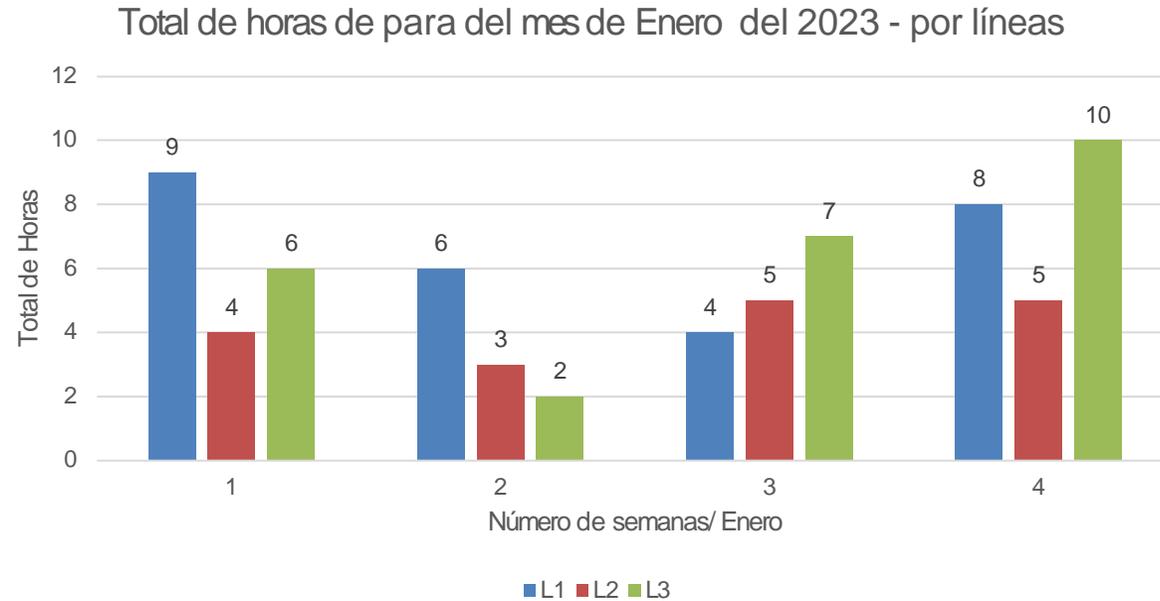
Resultados de la usabilidad del HMI



¿Considera intuitiva la navegación entre pantallas?



Análisis de tiempos de para antes de las implementaciones



Conclusiones

- Se revisó e identificó el flujo del proceso y las maquinarias principales de las líneas de producción considerando que el principal problema es la comprobación del peso final, debido a que se realiza esta revisión por medio de un muestreo donde el personal de control de calidad pesa al producto por medio de una báscula extra, como parte de este proyecto se implementó la adquisición de datos directamente de la pesadora multicabezal por medio del protocolo Modbus TCP IP, la presentación de esta información se realizó en el Sistema Administrativo Ecofroz (SIA), en esta plataforma se puede observar cómo se comporta el proceso, las paras y los motivos que causaron la detención del equipo
- Se analizó los resultados obtenidos de la comparación del pesaje en las tres líneas de proceso y se puede concluir lo siguiente, en la línea 1 al extraer los pesos de forma manual en la presentación de 500 gr con una tolerancia de 10 gr para garantizar el peso adecuado, se obtuvo como desviación estándar 8.78 gr, a pesar de que el peso está acorde a los parámetros este valor no sería real en relación a los datos obtenidos con la extracción directa de la variable a través de la balanza multicabezal siendo la desviación estándar de 2.2 gr, esta información permite identificar cual es el peso que realmente el cliente está recibiendo y permite tomar decisiones respecto al control de calidad.



Conclusiones y Recomendaciones

- Se evidenció que para pesos iguales o menores a 200 gr con una tolerancia de 5 gr para garantizar al cliente estándares de calidad, se obtuvo la desviación estándar es de 6.76 gr cuando la información es adquirida de manera manual, lo que supera el valor de tolerancia, es decir si estos datos tuvieran la confiabilidad necesaria se podría concluir que la empresa tiene pérdidas de producto, pero con la implementación para la extracción directa de la variable se obtuvo una desviación estándar de 3,13 gr, lo que significa que el peso obtenido está en los parámetros establecidos
- Se comparó los tiempos de para antes de la implementación de mejoras en las líneas de proceso de pesaje y empaque con relación a los datos obtenidos en los meses de enero del 2023, el tiempo acumulado en la primera semana fueron 9 horas para la línea 1, considerando que ahora tiene un mejor monitoreo de los motores de los equipos auxiliares gracias a las implementaciones, se consideró que en el mes de enero del 2024, este índice se redujo a 4 horas, lo que evidencia que el proceso ha mejorado y evita tiempos muertos que afectan directamente a la producción, este mismo patrón se repite en las tres líneas de proceso lo que evidencia la satisfacción del cliente.



Conclusiones y Recomendaciones

- Se analizó el control del pesaje en la empacadora multicabezal pues está constituida por microcontroladores ubicados en cada tolva para la comunicación con la unidad de cálculo que tiene una codificación cerrada, por lo que no se puede realizar modificaciones en la programación ya sea total o parcial, pues afectaría a la maquinaria directamente y garantías, únicamente se realizó un análisis de los algoritmos que la máquina emplea, para identificar el comportamiento en las combinaciones para obtener el peso ideal y evitar desperdicios del producto.
- Se analizó el control PID que utiliza la empacadora multicabezal, debido a que los sensores principales son RTDs de 100 Ohms que se encuentran en las mordazas principal y secundaria para el sellado horizontal y en la platina para el sellado vertical se concluyó que la variación de la temperatura deseada con la medida no tiene el ajuste necesario por las compensaciones de las contantes, pero no se puede realizar modificaciones en el diseño o ingresar al particular del PLC debido a que tiene seguridades de ingreso pero para tener un monitoreo constante y evitar paras en el equipo es necesario realizar un monitoreo contante de estos sensores.



Conclusiones y Recomendaciones

- Se recomienda mejorar los planes de mantenimiento y las frecuencias para que los equipos no tengan inconvenientes durante la producción
- Se recomienda que para las pesadoras multicabezales se debe tener repuestos en stock para la facilidad de cambio cuando los cabezales presenten fallas y realizar una calibración de las celdas de carga con una mayor frecuencia, por lo menos cada quince días
- Se recomienda buscar alternativas de sensores de temperatura que puedan reemplazar a las sondas RTD, debido a que tiene un desgaste continuo lo que ocasionalmente hace que difiera la temperatura deseada con la temperatura medida.



- Automation, I. S. (2016). *ANSI/ISA-18.2-2016, Management of Alarm Systems for the Process Industries*. International Society of Automation: <https://www.isa.org/products/ansi-isa-18-2-2016-management-of-alarm-systems-for>
- Barrero, D. (15 de Septiembre de 2022). *Sistema SCADA de alto desempeño con proyección a la industria 4.0 a través del internet industrial de las cosas (IIOT) para la línea de embotellado número dos en la empresa ARCA CONTINENTAL Ecuador planta Santo Domingo*. Repositorio Intitucional Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE : <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/34021>
- Cloud. (6 de Enero de 2024). *Modelo de programación de Apache Beam*. Google Cloud: <https://cloud.google.com/dataflow/docs/concepts/beam-programming-model?hl=es-419>
- Corporation, G. (2023). *Mordazas para envasadoras verticales* . The Desing group: <https://greenercorp.com/es/soluciones/piezas-para-sellar/mordazas-de-sellado-para-sacadoras-verticales/>
- Esmeraldas, Y. (17 de Julio de 2019). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para el proceso de pesaje y molienda d emateria prima en la producción de alimentos balanceados* . Repositorio Intitucional Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/20829>

