



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Elaboración de un sistema SCADA para el monitoreo y control en una línea automatizada de snacks fritos y acceso a tecnología 4.0”

### **TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

### **MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL**

ING. JONATHAN PATRICIO CORELLA ZAMORA

ING. JONATHAN ALBERTO REYES ANGUISACA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2022

## AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por guiarme y cuidarme en cada una de las decisiones que he tomado en este camino de la vida. Gracias Padre por permitirme disfrutar de la vida con salud y ser feliz.

Gracias a mis padres por todo su apoyo incondicional, este logro es también de ustedes, les agradeceré siempre y amaré toda mi vida.

Gracias a mi compañera de vida Leslie por su amor, apoyo y respeto en estos años. Que se vengan muchos años más juntos amor.

Mi total agradecimiento a mi tocayo Jonathan Reyes A., compañero de desarrollo de este trabajo de titulación.

Un agradecimiento especial a nuestro tutor MSc. Richard Sánchez por su predisposición y apertura como guía de este trabajo.

Un agradecimiento para mis hermanos, amigos y compañeros que aportaron en este proceso de desarrollo profesional y académico.

Jonathan Patricio Corella Zamora

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente a Dios, por la vida y el conocimiento que me ha brindado con fuerza, salud y sabiduría encaminando a cumplir mi objetivo. A mi familia por todo el esfuerzo y comprensión que me han brindado.

Un agradecimiento muy especial a nuestro tutor MSc. Richard Sánchez por la dirección en este trabajo de grado y así a cada maestro que nos impartió sus conocimientos.

A mi compañero de grado, Jonathan Corella Z., en el desarrollo del trabajo de titulación.

Mi agradecimiento al Gerente de Producción de Soderal, MSc. Mario Aguilera que me ayudo con la gestión económica de la maestría.

En general quisiera agradecer a todas las personas que colaboraron, brindaron ánimo, amistad y cariño en todo este proceso.

Jonathan Alberto Reyes Anguisaca

## DEDICATORIA

Dedico mi esfuerzo en el presente trabajo a mis padres y a mi amada prometida quienes han sido pieza fundamental para poder lograrlo.

A mi hermosa familia por ser refugio y paz cuando se necesita.

A Dios por su inmenso cariño y por cada una de sus bendiciones.

Jonathan Patricio Corella Zamora

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo para mí amada Esposa Viviana Sánchez J. y a mí querido hijo Samuel Reyes S. ya que me han valorado y comprendido el tiempo de mi ausencia en mi formación profesional.

A la empresa Soderal por la ayuda económica y disponibilidad de tiempo que logre cumplir este objetivo.

Sobre todo, dedico a Dios que es dador del conocimiento y sabiduría.

Jonathan Alberto Reyes Anguisaca

## COMITÉ EVALUADOR

---

MSc. Richard Sánchez

**PROFESOR TUTOR**

---

MSc. Alexander Prieto

**PROFESOR EVALUADOR**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jonathan Patricio Corella Zamora y Jonathan Alberto Reyes Anguisaca damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Ing. Jonathan Patricio Corella  
Zamora



---

Ing. Jonathan Alberto Reyes  
Anguisaca

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad, diseñar una automatización de bajo costo para las pequeñas y medianas industrias de Ecuador dedicadas a la elaboración de snacks fritos como yuca, papa, chifles o maduros, esta solución diseñada consta de un sistema SCADA para monitoreo y control con accesibilidad a tecnología 4.0; para ello como primera parte se realizaron inspecciones de campo a varias empresas dedicadas a este nicho de mercado, mediante el cual se identificó el flujo de proceso de cada una, así como los equipos empleados en sus procesos. A continuación, se realizó una investigación de equipos comerciales de bajo costo que cumplan los requerimientos de los procesos de las plantas anteriormente identificados, se realizaron cuadros comparativos entre estos equipos con el objetivo de determinar los seleccionados para la solución de automatización brindada por este proyecto. Se realizó el diseño de la línea automatizada para generar un flujo entre las diferentes etapas del proceso de elaboración de snacks fritos, en esta parte se incluye la selección de la instrumentación como son sensores y actuadores.

Se realizó el diseño de la topología de red y la lógica de programación fue desarrollada en el Software Tia Portal empleando el PLC S7-1500 de Siemens. La cual se desarrolló siguiendo las recomendaciones de la normativa IEC-61131, con lenguaje de programación tipo SFC empleando FC, FB y DB para mantener una estructura organizada por instancias en la programación.

El SCADA se desarrolló empleando Indusoft Web Studio Educational, la misma tiene una opción para vista general de todo el proceso, así como pantallas para observar más a detalle cada etapa, el proyecto desarrollado además del monitoreo y control permite generar base de datos en Excel de reportes diarios del proceso. El proyecto permite generar reportes mediante un servidor Web generando acceso desde la nube. Finalmente se desarrollaron pruebas simuladas de la programación mediante un controlador de comunicación SIETH comunicación vía Industrial Ethernet Interface, que es parte del listado que tiene Indusoft SP4.

**Palabras claves:** SCADA, Industria 4.0, Tia Portal, Snacks Fritos, Automatización



## **ABSTRACT**

*The purpose of this project was to design low-cost automation for small and medium-sized industries in Ecuador dedicated to the production of fried snacks such as cassava and potatoes. The SCADA system was designed to monitor and control 4.0 technology with accessibility. In order to obtain this information, inspections were first carried out to several fried snack companies, through which the process flow of each one was identified, as well as the equipment used in their processes. Next, an investigation of low-cost commercial equipment that meets the requirements of the previously identified plant processes was carried out. Comparative tables were made between these equipment with the objective of determining those selected for the automation solution provided by this project. The design of the automated line was carried out between the different stages of the fried snacks elaboration process. In this part, the selection of the instrumentation, such as sensors and actuators are included.*

*The design of the network topology was carried out and the programming logic was developed in the Tia Portal Software using the Siemens S7-1200 PLC. The programming was developed following the recommendations of the IEC-61131 standard, with an SFC-type programming language using FC, FB, and DB to maintain a structure organized by instances in the programming.*

*The SCADA was developed using Indusoft Web Studio Educational. The HMI has an option for a general view of the entire process. Furthermore, it also has screens to observe each stage in more detail. The project developed, in addition to monitoring and control, allows the generation of an Excel database to obtain daily process reports. The project allows generating reports through a Web server generating access from the cloud. All in all, simulated programming tests were developed using the SIETH communication driver.*

**Keywords:** SCADA, Industry 4.0, Tia Portal, Fried snacks, Automation

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA .....	IV
COMITÉ EVALUADOR.....	VI
DECLARACIÓN EXPRESA .....	7
RESUMEN.....	8
<i>ABSTRACT</i> .....	9
ÍNDICE GENERAL .....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
CAPÍTULO 1.....	1
1 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA.....	1
1.1 Identificación del Problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Solución Propuesta .....	3
1.3.1 Objetivos .....	4
1.3.1.1 Objetivo General.....	4
1.3.1.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Metodología.....	4
1.5 Alcance.....	5
1.6 Elementos Diferenciadores o Innovadores .....	6
CAPÍTULO 2.....	7
2 ESTADO DEL ARTE .....	7
2.1 Procesos industriales de elaboración de snacks fritos en el Ecuador .....	7
2.2 Importancia industrial de los snacks fritos en el país .....	10
2.3 Caracterización del flujo de proceso para elaborar Snacks fritos.....	12
2.3.1 Recomendaciones para la etapa de corte y rebanado .....	14
2.3.2 Recomendaciones para la etapa de fritura .....	15
2.3.3 Recomendaciones para el proceso de salado y condimentado .....	17
2.3.4 Proceso de empaquetado.....	17
2.4 Sistemas SCADA para líneas de producción.....	18

2.4.1	Indusoft .....	21
2.4.2	Normativa IEC-61131 .....	21
2.4.3	Normativa ISA 101-High Performance HMI .....	23
2.5	Flujo del proceso industrial para la elaboración de snacks fritos.....	25
CAPÍTULO 3.....		26
3	DISEÑO DEL SISTEMA SCADA .....	26
3.1	Objetivos de diseño .....	26
3.2	Diseño de la línea de producción.....	27
3.2.1	Diagrama de bloques (Flujo del proceso) .....	27
3.2.2	Selección de equipos y maquinaria .....	30
3.3	Diseño de la automatización e integración.....	37
3.3.1	Instrumentación del proceso (Sensores y actuadores) .....	39
3.3.2	Diagrama P&ID.....	40
3.3.3	Planos eléctricos de control y fuerza .....	40
3.3.4	Diseño de tableros.....	40
3.3.5	Topología de red .....	43
3.3.6	Programación del PLC.....	44
3.3.7	Instrumentación del proceso.....	49
3.3.8	Tabla de variables del PLC.....	52
3.4	Sistema SCADA .....	52
3.4.1	Ventana principal.....	53
3.4.2	Ventana de alarmas y gráficos de tendencias .....	54
3.4.3	Accesibilidad a Tecnología 4.0 .....	55
CAPÍTULO 4.....		64
4	IMPLEMENTACIÓN, PUESTA EN MARCHA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	64
4.1	Simulación CAD del layout de planta.....	64
4.2	Simulación de PLCs por etapas (Tia Portal e Indusoft).....	65
4.3	Simulación del SCADA .....	69
4.4	Presupuesto general del proyecto .....	74
CONCLUSIONES .....		75
RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....		76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		77
ANEXOS .....		82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Análisis causa efecto de los factores que afectan las exportaciones de snacks fritos en el Ecuador. [1].....	1
Figura 2 Propuesta de Implementación Sistema SCADA.....	3
Figura 3 De izquierda a derecha se muestran: equipo para pelado de papas, transportador vertical y etapa de fritura. [5].....	8
Figura 4 Relación de consumo energético con y sin automatización. [5] .....	8
Figura 5 HMI implementada en el proceso de la empresa YUPI [6] .....	9
Figura 6 Diseño CAD de la máquina peladora y rebanadora. [3] .....	10
Figura 7 Actividad económica de la industria manufacturera de alimentos en el Ecuador [1] .....	11
Figura 8 Exportaciones ecuatorianas por tipo de snack [7] .....	12
Figura 9 Rebanado manual, rebanado semiautomático, rebanado mecánico [8] ....	14
Figura 10 Freidora tipo paila [8] .....	15
Figura 11 Freidora continua marca Valenzo. [9] .....	16
Figura 12 Operación de salado y condimentado. [8] .....	17
Figura 13 Envasadora automática con multicabezal de 10 balanzas [10] .....	18
Figura 14 HMI de un sistema SCADA [11].....	20
Figura 15 Componentes de hardware de un sistema SCADA [12].....	20
Figura 16 HMI desarrollada en Indusoft Web Studio (LOGICBUS, 2020) .....	21
Figura 17 Lenguajes de programación según la normativa IEC-61131 [14] .....	22
Figura 18 Flujo del proceso industrial .....	28
Figura 19 Línea de producción de snacks fritos.....	37
Figura 20 Conexión del PLC, módulos de entradas y salidas .....	39
Figura 21 Plano P&ID del flujo de proceso implementado .....	40
Figura 22 Tablero principal de los motores de la planta .....	41
Figura 23 Conexión de pulsadores con selección de local y remoto de motores de la planta.....	42
Figura 24 Tablero eléctrico de Sistema de Fritura.....	43
Figura 25 Topología de red de los equipos empleados.....	44
Figura 26 Llamado mediante un FB al programa SFC desarrollado.....	45
Figura 27 Proceso de la planta en lenguaje SFC .....	46
Figura 28 Bloques de control de temperatura FCs normalizado y escalado.....	47
Figura 29 Bloques no normalización y escalado para señales analógicas. ....	47
Figura 30 Configuración de los parámetros del bloque PID .....	48
Figura 31 Vista general del proceso desde el SCADA .....	49
Figura 32 Driver de comunicación SCADA y PLC.....	53
Figura 33 Desarrollo de página de navegación del sistema SCADA.....	54
Figura 34 Configuración de alarmas .....	54
Figura 35 Gráfico de tendencias .....	55
Figura 36 Configuración de comunicación para acceso a la nube intranet.....	55
Figura 37 Configuración de la IP para acceso a la intranet .....	56

Figura 38 Pantallas para HTML .....	57
Figura 39 Explorador de Node-Red .....	58
Figura 40 Librerías para la programación de Node-Red .....	59
Figura 41 Programación de secuencias en Node-Red .....	59
Figura 42 Configuración del PLC en Node Red .....	60
Figura 43 Configuración de las variables del PLC en Node Red .....	60
Figura 44 Pagina de Ubidots para la comunicación IoT .....	61
Figura 45 Dispositivos en Ubidots.....	61
Figura 46 Dashboards de Ubidots .....	62
Figura 47 Configuración de Ubidots a Node Red. Se envía variable por variable. ..	63
Figura 48 Código token generado desde la cuenta de Ubidots .....	63
Figura 49 Simulación CAD del proceso diseñado .....	64
Figura 50 Conexión del PLC Sim Advance .....	65
Figura 51 Vista preliminar de carga del programa al PLC .....	66
Figura 52 Configuración PLCSim Advance .....	66
Figura 53 Driver de Comunicación de Indusoft y PLCSIM .....	67
Figura 54 Comunicación PLC con el SCADA y IOT .....	68
Figura 55 PLC en Línea.....	68
Figura 56 Ventana principal del SCADA .....	69
Figura 57 Ventana del SCADA para lavado y clasificado.....	70
Figura 58 HMI del SCADA para centrifugado y saborizado.....	71
Figura 59 Proceso de enfriamiento y envasado .....	72
Figura 60 Ventana de alarmas del Sistema SCADA .....	72
Figura 61 Pantalla de tendencias del proceso .....	73
Figura 62 Ventana para generación de reportes.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Flujo de proceso para elaboración de snacks fritos.....	13
Tabla 2 Tipos de sistemas dosificadores. [2] .....	18
Tabla 3 Ejemplos de HMIs clásicas con errores comunes [15] .....	23
Tabla 4 HMIs High Performance [15].....	24
Tabla 5 Flujo de proceso para la elaboración de snacks fritos.....	25
Tabla 6 Máquinas para pelado y lavado de yuca .....	30
Tabla 7 Ponderación equipos para pelado de yucas.....	31
Tabla 8 Equipos para corte de materia prima .....	31
Tabla 9 Ponderaciones para selección equipo de corte .....	32
Tabla 10 Equipos para fritura [24].....	33
Tabla 11 Equipos saborizado en línea continua.....	34
Tabla 12 Ponderaciones para selección equipo de saborizado.....	34
Tabla 13 Equipos para enfriamiento .....	35
Tabla 14 Equipos para empaquetado .....	36
Tabla 15 Proceso de producción de snacks fritos .....	37
Tabla 16 Tabla de sensores empleados en el sistema SCADA .....	49
Tabla 17 Tabla de variables del PLC .....	52
Tabla 18 Presupuesto general en equipos de planta .....	74

# CAPÍTULO 1

## PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

### 1.1 Identificación del Problema

Las pequeñas y medianas empresas que elaboran productos de snacks fritos como yuca, papa, chifles o maduros en el Ecuador tienen procesos mayormente manuales para las diferentes etapas, como el lavado, cortado, fritura, dosificado y empaquetado. Los mismos presentan algunas desventajas en relación a tiempos de proceso y control de calidad. El uso de métodos manuales genera tiempos de espera y cuellos de botella en las etapas críticas del proceso como son la fritura y el empaquetado principalmente.

En la actualidad existen una gran variedad de equipos comerciales específicos para las diferentes etapas del proceso. Cada uno de ellos con sus diferentes características y precios, no hay un diseño que evalúe e integre estas interacciones.

Estudios de mercado desarrollados para medir la apertura a exportaciones del plátano frito en mercados europeos determinan que las condiciones son favorables dependiendo de la calidad de los procesos de elaboración cumpliendo estándares internacionales, ver Figura 1, de aquí surge la necesidad de elaborar un proyecto de automatización para estas pequeñas y medianas empresas. [1]



**Figura 1 Análisis causa efecto de los factores que afectan las exportaciones de snacks fritos en el Ecuador. [1]**

La globalización, el constante crecimiento del mercado consumidor nacional e internacional, las nuevas exigencias en relación a buenas prácticas de manufactura y calidad exigen implementar procesos automatizados flexibles centralizados que permitan reducir los tiempos de proceso, generar un proceso continuo, aumentar el volumen de producción, mejorar la calidad del producto final y tener un sistema central de monitoreo y control de las diferentes etapas.

## 1.2 Justificación

En el Ecuador se han desarrollado proyectos de tesis como:

- Sistemas de dosificación de snacks [2], en el cual se da una solución a la necesidad de aumentar la velocidad de la línea de producción en la etapa de empaquetado y dosificación de 54 fundas a 70 fundas por horas.
- Diseño de una máquina peladora y rebanadora de plátano para frituras [3], en este proyecto de investigación se diseña una máquina para pelar y rebanar plátano verde para la elaboración de chifles con la ayuda de un software CAD. Que tiene como principal objetivo aumentar la producción y la calidad.
- Otro tema de titulación es el de la implementación de un módulo de abastecimiento de la fritura de plátano en una empresa de Chone-Ecuador [4], en el documento se indica que existe un 40% de desperdicio en la máquina empírica desarrollada inicialmente por el propietario del negocio, se implementó una solución automática controlando velocidad de la cuchilla de corte y automatizando el abastecimiento del producto hasta la etapa de fritura.

Sin dudas en todos estos ejemplos citados anteriormente existe un denominador común, la necesidad de automatizar procesos industriales de estas empresas alimenticias para cubrir el incremento de la demanda tanto del mercado nacional como internacional.



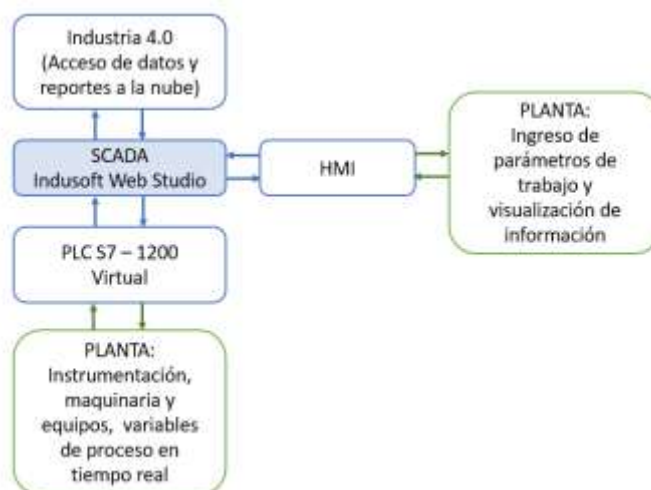
Debido a la gran variedad de equipos disponibles en el mercado y a la orientación a gran, mediana o pequeña escala de los mismos, el incremento de la demanda y las exigencias del mercado nacional e internacional en relación a calidad, aparece la necesidad de realizar el diseño de una línea de producción automatizada adaptada a las condiciones de producción de la pequeña y mediana industria a un costo de implementación accesible.

El diseño de la línea automatizada busca reemplazar los procesos manuales y generar una integración entre ellos automática, que se podrá monitorear y controlar desde un sistema SCADA con aplicación de Industria 4.0. Este diseño presentará una solución estándar aplicable con equipos en su mayoría del mercado ecuatoriano.

Este proyecto aportará al desarrollo en el área de la automatización industrial de uno de los principales sectores industriales del Ecuador, mejorando los procesos usados históricamente en las pequeñas y medianas empresas, incrementando su competitividad y productividad.

### 1.3 Solución Propuesta

Implementación de un sistema SCADA para el monitoreo y control en una línea automatizada de snacks fritos y acceso a tecnología 4.0



**Figura 2 Propuesta de Implementación Sistema SCADA**

### **1.3.1 Objetivos**

#### **1.3.1.1 Objetivo General**

Elaborar un sistema SCADA que permita monitorear y controlar las diferentes etapas de una línea automatizada de producción de snacks fritos con accesibilidad a tecnología 4.0.

#### **1.3.1.2 Objetivos Específicos**

- Identificar la instrumentación y equipos necesarios para la elaboración de la automatización de snacks fritos.
- Desarrollar la lógica de control empleando el software Tia Portal del proceso de snack fritos.
- Realizar pantallas en software Indusoft de las diferentes etapas del proceso.
- Diseñar el layout de la planta general con la distribución de los equipos y dispositivos.
- Realizar pruebas simuladas de interacción y tecnología 4.0

### **1.4 Metodología**

Etapa 1: Estudios de dispositivos

- En esta sección se realizará el levantamiento de los equipos aplicables para las diferentes etapas que permitan la operación de la planta.
- Levantamiento de todos los sensores y actuadores que conforman los equipos seleccionados.

Etapa 2: Diseño del Control e Instrumentación de la Planta.

- Diseño de plano eléctrico y control.
- Diseño de Plano P&ID

### Etapa 3: Programación de SCADA y PLC

- Programación de las estaciones con PLCs
- Programación de un lazo de control de temperatura para la freidora
- Integración de las etapas con un sistema SCADA
- Accesibilidad desde un servidor web para monitorear la planta.

### Etapa 4: Simulación

- Simulación de la programación de los PLCs y el SCADA
- Simulación de tecnología 4.0

### Recursos:

- Software Tia Portal de Siemens
- Indusoft Web Studio
- Software OPC Server

## 1.5 Alcance

Al finalizar este proyecto de titulación se espera obtener una línea automatizada adaptada a las pequeñas y medianas industrias dedicadas a la producción de snacks fritos, presentando una propuesta competitiva para llevar la automatización a la industria ecuatoriana.

Se generarán los siguientes elementos:

- Layout de planta (distribución de los equipos)
- Plano eléctrico de control y potencia de la planta
- La programación de los PLCs empleados en las diferentes estaciones empleando programación gráfica tipo GRAFCET.
- Integración de las estaciones con un sistema SCADA

- Accesibilidad a la simulación del proceso diseñado empleando tecnología 4.0 gerenciales.

#### **1.6 Elementos Diferenciadores o Innovadores**

- SCADA con accesibilidad a Industria 4.0, reportes de gestión vía servicio Web
- Integración de máquinas y equipos para la automatización de pequeñas y medianas empresas dedicadas a la elaboración de snacks fritos en Ecuador.

## CAPÍTULO 2

### ESTADO DEL ARTE

#### 2.1 Procesos industriales de elaboración de snacks fritos en el Ecuador

El Ecuador está entre los principales países del mundo exportadores de productos no petroleros, a pesar de que el país históricamente ha sido considerado como un país dependiente del petróleo. Es importante considerar este aspecto que le permite sobresalir en mercados internacionales con productos como el banano, cacao, camarones, flores, etc., que inicialmente no presentan un valor agregado. Como lo demuestra Ortiz [1] en su análisis de la exportación del plátano frito a mercados europeos el cumplimiento de diferentes normas que permiten mejorar la calidad del producto final mejora significativamente la apertura de estos mercados y la aceptación de sus consumidores. La automatización presenta como una de sus principales ventajas el de mejorar la calidad del producto final, aumentar la productividad y reducir el consumo energético por paradas de máquinas y tiempos de espera innecesarios.

Muchas empresas en el país tienen procesos manuales, es así el caso de la empresa COFICA EXPORT S.A de la ciudad de Quito. En el 2019 se realizó la automatización de su línea de producción [5] en la cual se elaboran papas fritas, en este proyecto se integran las etapas de pelado, transporte vertical, cortado, fritura, saborizado. Esto se logra agregando un controlador lógico programable y una HMI que permite monitorear todo el proceso desde planta, el trabajo permite mejorar tiempos de inactividad, proporcionar un ahorro de energía a la planta, productividad y seguridad. En la Figura 3 se muestran las máquinas con las que contaba la planta las cuales fueron la base para la integración mediante el PLC, se puede observar que son máquinas de accionamiento manual no diseñadas para un uso en una línea automatizada. En la Figura 4 se muestra la mejora en el consumo energético una vez implementado el proyecto este

aspecto es importante en el tema de reglamentación en mercados europeos, sobre todo desde el punto de vista medioambiental.



**Figura 3 De izquierda a derecha se muestran: equipo para pelado de papas, transportador vertical y etapa de fritura. [5]**



**Figura 4 Relación de consumo energético con y sin automatización. [5]**

Por otro lado, en el 2018 se realizó el trabajo, diseño e implementación de un sistema de control para el proceso de empaque de snacks para la planta de la empresa Yupi, esta etapa puede convertirse en un cuello de botella si la máquina no realiza el trabajo de empaquetado en un tiempo adecuado. En este proyecto se cambió a un PLC 1200 y se agregó una HMI a pie de máquina mediante la cual se puede operar el equipo, visualizar fallas e ingresar parámetros de las recetas para el empaquetado. La máquina tiene una velocidad de 30 – 50 empaques por minuto configurable. [6]

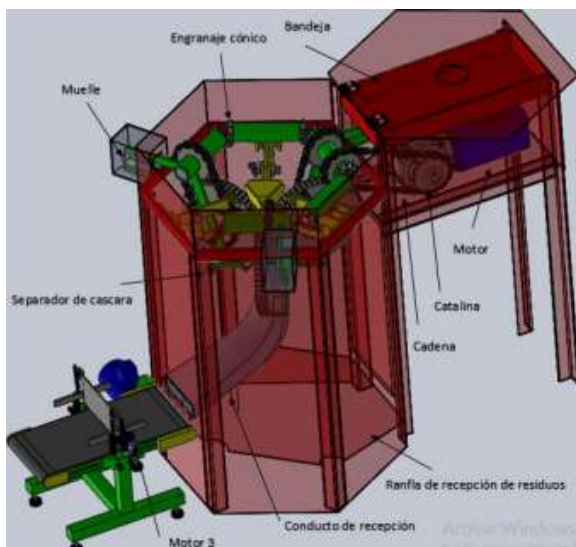
La automatización presenta como una de sus principales ventajas mejorar la calidad del producto final, aumentar la productividad y reducir el consumo energético por paradas de máquinas y tiempos de espera innecesarios. La

empaquetadora puede elaborar presentaciones de 32 gramos o 110 gramos. Consta de un sistema de sellado por calentamiento que integra con controlador PID. En la Figura 5 se muestra la ventana de inicio de la HMI diseñada. De esta imagen se puede concluir que el diseño de la misma no sigue recomendaciones de la normativa ISA 101 de la cual se entrará a detalle más adelante.



**Figura 5 HMI implementada en el proceso de la empresa YUPI [6]**

En 2017, se realizó un diseño para una máquina peladora y rebanadora de plátanos fritos en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo [3], el trabajo se justifica debido al proceso manual para realizar el pelado y corte del plátano verde para la elaboración de snacks fritos, este proceso plantea largas y cansadas jornadas de trabajo para los operadores. La máquina implementada mejora la calidad de las hojuelas al mantener un espesor constante. En el proceso manual la obtención de una hojuela tarda alrededor de 45 segundos mientras que la máquina emplea 8 segundos.



**Figura 6 Diseño CAD de la máquina peladora y rebanadora. [3]**

Todos estos trabajos muestran la gran importancia del sector industrial de snacks fritos en el país. Son trabajos recientes que validan una oportunidad de mercado para la automatización de procesos, ya que en su mayoría los procesos industriales se realizan de forma manual. Y los logros alcanzados con los diferentes equipos diseñados e implementados han sido significativos según los autores. Ahora bien, se presenta una oportunidad de mercado para la implementación de un sistema SCADA integral que vincule las diferentes etapas del proceso industrial, que permita llevar indicadores de producción y productividad de una manera eficaz y eficiente.

## **2.2 Importancia industrial de los snacks fritos en el país**

La actividad económica de mayor espacio de mercado en el país es la industria manufacturera dedicada a la elaboración de productos alimenticios. En la Figura 7 se puede observar el posicionamiento de las industrias manufactureras alimenticias. Según las cifras del Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, a partir del 2011 hasta el 2015, la tasa de crecimiento anual de las



ventas nacionales a Europa representó el 1.22% del total. Convirtiéndose en el segundo lugar de ventas no petroleras ecuatorianas. [1]

**CUADRO No. 1**  
**NÚMERO DE EMPRESAS, PERSONAL OCUPADO, REMUNERACIONES, PRODUCCIÓN TOTAL, CONSUMO INTERMEDIO, VALOR AGREGADO, DEPRECIACIONES Y FORMACIÓN BRUTA DE CAPITAL,**  
**SEGÚN DIVISIONES (CIU 4ta. REV.) DE ACTIVIDAD ECONÓMICA**  
 (VALORES EN DÓLARES)

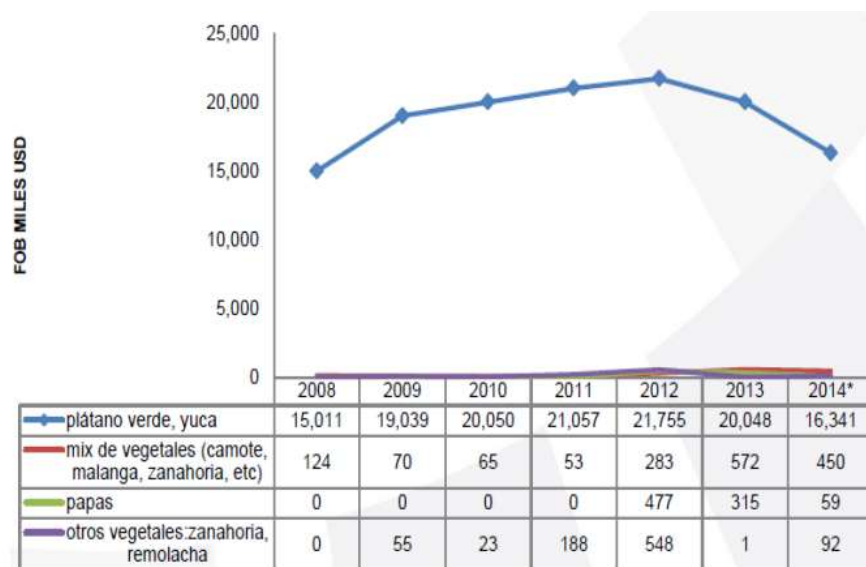
DIVISIÓN CIU	ACTIVIDAD ECONÓMICA	No. DE EMPRESAS	TOTAL PERSONAL OCUPADO	TOTAL REMUNERACIONES	PRODUCCIÓN TOTAL	CONSUMO INTERMEDIO	VALOR AGREGADO	DEPRECIACIONES	FORMACIÓN DE CAPITAL FIJO
	<b>MINERIA</b>	<b>40</b>	<b>12.888</b>	<b>326.757.548</b>	<b>6.189.004.819</b>	<b>6.990.846.489</b>	<b>98.159.458</b>	<b>81.899.603</b>	<b>296.172.522</b>
06	EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO Y GAS	8	6.734	225.422.669	5.606.432.896	5.628.004.811	(21.571.915)	23.892.093	17.614.488
07	EXTRACCIÓN DE MINERALES METÁLICOS	23	4.979	61.605.107	142.430.976	86.623.459	95.207.517	4.936.194	13.114.749
08	EXPLOTACIÓN DE OTRAS MINAS Y CANTERAS	9	349	4.690.089	26.955.245	29.132.344	7.822.501	1.553.039	713.723
09	ACTIVIDADES DE SERVICIOS DE APOYO PARA LA MANUFACTURA	7	786	38.039.683	373.185.702	357.084.375	38.101.327	1.528.277	294.729.365
	<b>MANUFACTURA</b>	<b>1.354</b>	<b>236.405</b>	<b>1.891.549.047</b>	<b>28.782.719.810</b>	<b>29.632.741.846</b>	<b>8.159.977.964</b>	<b>921.710.725</b>	<b>1.429.198.982</b>
10	ELABORACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS	349	104.438	1.471.262.717	12.067.409.316	12.998.709.241	2.369.099.113	117.791.489	699.819.131
11	ELABORACIÓN DE BEBIDAS	25	8.394	180.400.995	1.342.150.019	879.408.852	462.783.163	62.794.414	67.661.862
12	ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE TABACO	8	194	4.504.407	35.783.700	25.633.887	38.149.813	1.810.874	1.863.200
13	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES	71	2.789	102.783.472	441.880.917	290.934.618	150.956.969	20.351.710	3.773.795
14	FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR	72	8.118	81.744.054	261.521.205	165.034.604	96.484.601	7.442.556	8.288.608
15	FABRICACIÓN DE CUEROS Y PRODUCTOS	34	3.851	45.142.428	201.786.117	125.899.629	66.156.489	4.922.037	9.218.126
16	PRODUCCIÓN DE MADERA Y FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE MADERA Y CORCHO, EXCEPTO	28	4.127	68.834.138	481.755.947	283.848.857	117.909.090	14.478.012	38.009.411
17	FABRICACIÓN DE PAPEL Y DE PRODUCTOS DE	49	9.424	172.992.070	1.418.395.934	1.088.034.869	330.361.116	40.936.924	10.047.890
18	IMPRESIÓN Y REPRODUCCIÓN DE GRABACIONES	50	4.884	93.611.263	286.690.714	162.782.940	123.927.778	15.548.396	2.335.396

**Figura 7 Actividad económica de la industria manufacturera de alimentos en el Ecuador [1]**

Ahora es importante analizar dentro de este sector manufacturero que tipo de snacks frito presenta mayor demanda de mercado, con el objetivo de beneficiar al mayor número de pequeñas y medianas empresas.

En este proyecto de grado se plantea diseñar una planta para la elaboración de snacks fritos, dentro de esos snacks fritos que se desarrollan en el país tenemos diferentes materias primas como lo son: plátano verde, yuca, camote, malanga, zanahoria, remolacha, etc.

Los snacks de plátano y yuca presentan mayor acogida en las exportaciones, estos son desarrollados a base de aceite vegetal y diferentes etapas del banano, el mismo producto también tiene gran aceptación dentro del mercado nacional. Ver Figura 8.



**Figura 8 Exportaciones ecuatorianas por tipo de snack [7]**

Por todo lo planteado anteriormente los dos principales productos de snacks fritos para el trabajo que se desarrollará será enfocado a la producción automatizada de snacks fritos de plátano verde y yuca.

### 2.3 Caracterización del flujo de proceso para elaborar Snacks fritos

El presente proyecto busca implementar la opción de producir snacks fritos de plátano verde y yuca. Para esto se desarrollará un estudio de mercado para encontrar los equipos que cumplan los requerimientos de cada etapa del proceso y a la vez permitan una integración de los mismos para la automatización del sistema en general, así como el desarrollo del SCADA.

De manera general podemos definir el proceso industrial con los pasos mostrados en la Tabla 1.

**Tabla 1 Flujo de proceso para elaboración de snacks fritos**

Etapas del Flujo Tecnológico del proceso de elaboración de snacks fritos	<p><b>Lavado:</b></p> <p>En esta etapa se cuenta con un tanque de lavado, sensor de nivel y motor agitador para la limpieza de la materia prima.</p>
	<p><b>Pelado:</b></p> <p>Proceso en el cual se pela la materia prima y se desprende su cáscara</p>
	<p><b>Corte o rebanado:</b></p> <p>Al atravesar el túnel de corte, se accionarán las cuchillas neumáticas durante un tiempo determinado para realizar los cortes en la materia prima.</p>
	<p><b>Fritura:</b></p> <p>Un quemador a gas con una camará refractaria, accionamientos electroneumáticos para subir la paila de fritura descargando la materia prima.</p>
	<p><b>Desengrasado o centrifugado:</b></p> <p>Proceso en el cual por efecto de centrifugación se extrae el exceso de aceite de los snacks aumentando su vida útil y la calidad del producto final.</p>
	<p><b>Saborizado:</b></p> <p>Opción de estandarizar recetas mediante el control de válvulas que permiten agregar aditivos</p>
	<p><b>Enfriamiento:</b></p> <p>Los productos fritos deben ser empaquetados a temperatura ambiente para prolongar su período de vida en góndola. Este proceso consta de una banda transportadora que recibe el producto y en su paso es atravesado por una corriente de aire.</p>
	<p><b>Empaquetado:</b></p> <p>Accionamientos electroneumáticos para controlar el peso y la calidad de las diferentes presentaciones del producto.</p>

Para la elaboración del proceso de snacks fritos de plátano o yuca se podrían definir dos métodos principalmente: el primero, el método manual que depende enteramente de personas quienes se apoyan de rebanadores, tanques y pailas de fritura para generar un flujo de proceso, el depender de los operadores hace

que el producto final no presente uniformidad en su calidad entre días y jornadas de trabajo, y el segundo método, continuo o automatizado que depende de los equipos empleados y que la operaciones estén sincronizadas balanceando de forma correcta la producción. [8]

Este proyecto trata sobre el desarrollo de una línea automatizada continua, el balance en la producción es importante para obtener un snack de buena calidad. Cada máquina y equipo tiene una capacidad y lapso de tiempo, volumen, así por ejemplo si en la etapa de corte se hace más o menos producto del que puede trabajar la freidora el producto saldrá crudo o quemado.

A continuación, se analizará algunas características que se deben considerar en cada una de las etapas críticas del proceso:

### 2.3.1 Recomendaciones para la etapa de corte y rebanado

Existen tres tipos de rebanadores con cuchilla para el corte de la materia prima:

- Rebanadores manuales con cuchillas fijas presentan la principal desventaja de no tener un grosor fijo en el producto final.
- Rebanadores manuales con cuchillas ajustables presentan una mejora en relación a los anteriores, pero requieren de un control periódico para el reajuste de las cuchillas
- Rebanadores mecánicos semiautomáticos



**Figura 9** Rebanado manual, rebanado semiautomático, rebanado mecánico [8]

### 2.3.2 Recomendaciones para la etapa de fritura

Es una de las etapas más importante, dentro de las características que debe tener el equipo freidor es el de mantener la temperatura del proceso y ser de fácil mantenimiento. La fuente de calentamiento puede ser de leña, gas, eléctrico o diesel. Esta etapa deberá incluir necesariamente un termostato para regular la temperatura del proceso. Para el proceso de fritura el equipo debe estar en capacidad de alcanzar entre los 150 a 200 °C. En la figura 10 se puede observar una freidora tipo paila.



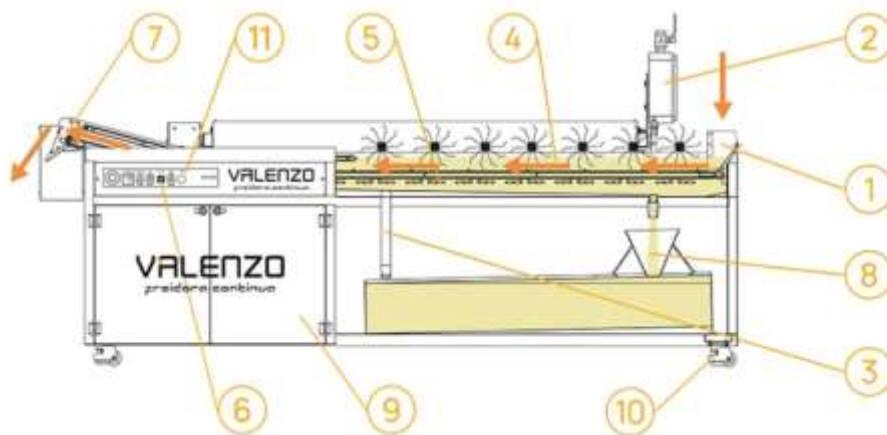
**Figura 10 Freidora tipo paila [8]**

Para un proceso automatizado como el que se va a desarrollar se deberán revisar las características de una freidora continua en la cual se puede ajustar la velocidad de la banda transportadora y la temperatura de cocción para garantizar una buena calidad del proceso de fritura.

Las características de una freidora continua se muestran en la figura 11. Los aspectos generales que conforman una freidora continua se muestran:

1. Zona de ingreso de la materia prima
2. Contenedor de aceite. Permite mantener el nivel de aceite a medida que se va consumiendo en el proceso.
3. Sistema anti-rebose. Evita que el aceite se derrame y pueda ocasionar accidentes
4. Sistema de transporte, permiten que el producto avance

5. Resistencias, aplican para las cocinas de energía eléctrica
6. Panel de mando, permiten regulación de temperatura y regulación de velocidad de las cintas (tiempo de fritura)
7. Zona de salida del producto
8. Sistema de filtración de aceite
9. Sistema de bombeo, para extracción y trasvase de aceite
10. Ruedas regulables
11. Volante para elevación de cintas y resistencias para realizar limpieza y mantenimiento del equipo



**Figura 11 Freidora continua marca Valenzo. [9]**

Para lograr un proceso de fritura de calidad se deben considerar estos factores:  
[8]

- Temperatura inicial: Debe estar entre 160 – 170 °C, garantiza una buena fritura y un producto crujiente.
- Mantener la temperatura: una vez que se agrega la materia prima suele haber una caída en la temperatura del aceite por lo que es importante mantenerla en el rango antes mencionado y que de ninguna manera baje a menos de 140 °C

- El tiempo de proceso de fritura para una rebanada de plátano es de tres minutos.
- Tamaño o grosor de la rebanada, es el factor determinante para lograr calidad. El tamaño adecuado es de 1.5 mm

### 2.3.3 Recomendaciones para el proceso de salado y condimentado

Similar a los casos tratados anteriormente, esta etapa se puede desarrollar de forma manual en mesas abiertas de acero inoxidable (Ver Figura 12), este método al depender de un operador no garantiza una dispersión homogénea del aditivo saborizante.



**Figura 12 Operación de salado y condimentado. [8]**

Las líneas industriales deberán necesariamente emplear máquinas para realizar el proceso de forma continua, que permitirán obtener un producto más homogéneo y de mejor calidad.

### 2.3.4 Proceso de empaquetado

Un proceso crítico en una línea continua es el empaquetado, el error de masa al empaquetar puede implicar pérdidas significativas en toda la producción del día de trabajo sino es detectado a tiempo. Los tipos de sistemas de dosificación demuestran en la tabla 2.

**Tabla 2 Tipos de sistemas dosificadores. [2]**

Tipo	Método	Mecanismo
Volumétrico	- Por pistón	- Por compuerta
	- Tornillo sin fin	rotativa
	- Vasos telescópicos giratorios	- Por gravedad
Por peso	- Tolva de pesaje	- Por cinta
	- Multicabezal	transportadora
		- Por canal vibrante

En la actualidad uno de los sistemas ampliamente utilizado en la etapa de empaquetado de snacks fritos por su aplicabilidad, velocidad de trabajo y precisión. Son los sistemas multicabezal (Ver Figura 13), estos equipos permiten un trabajo continuo, incluyen su propio PLC para el proceso de empaquetado desde la tolva superior de alimentación.

**Figura 13 Envasadora automática con multicabezal de 10 balanzas [10]**

#### 2.4 Sistemas SCADA para líneas de producción

En los últimos años ha tenido acogida y un crecimiento acelerado la implementación de los sistemas SCADA, estos permiten supervisar y controlar las distintas variables que se encuentran en un proceso o planta industrial. Para



cumplir este propósito es necesaria la implementación de diferentes hardware periféricos, softwares de aplicación, unidades remotas, protocolos de comunicación, etc., los cuales permiten al operador mediante la visualización en una pantalla de computador, tener el completo acceso al proceso.

Existen como sabemos varios sistemas que integran las funciones de monitoreo y control, como lo son: PLC, DCS y ahora SCADA, que no necesariamente pueden actuar de forma independiente, es decir se pueden integrar mediante una red Ethernet y así mejorar operar en tiempo real un proceso industrial.

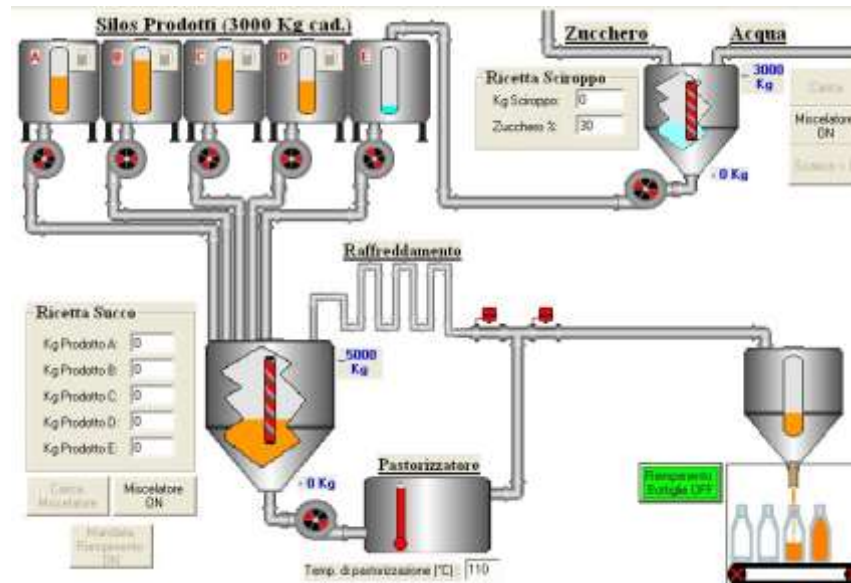
Actualmente ya no basta con realizar el monitoreo y control de un proceso, también es necesario almacenar un historial de alarmas y datos de las variables más importantes relacionadas al rendimiento y productividad del proceso, es por esta razón que estos sistemas también integran el uso de base datos que más adelante serán analizadas en busca de oportunidades de mejora para el proceso en general.

A menudo, las palabras SCADA y HMI inducen cierta confusión en las personas que están empezando en la automatización. Es correcto afirmar que todos los sistemas SCADA ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero también es cierto que no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La principal diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI. Se generarán los siguientes elementos:

- Adquisición y almacenado de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida, en forma continua y confiable.
- Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas
- Ejecutar acciones de control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación

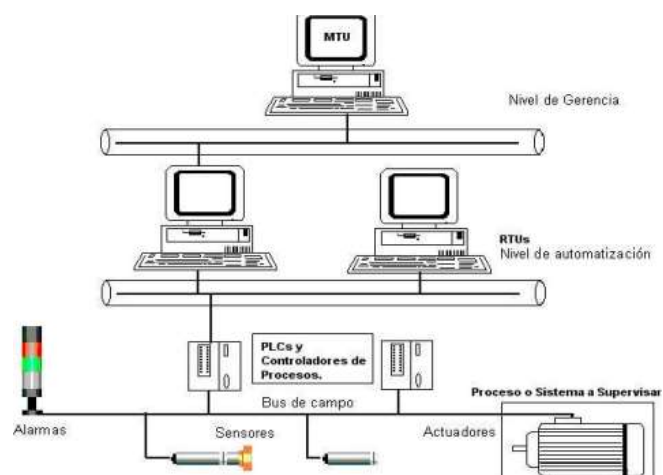
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación

En la Figura 14 se muestra una pantalla HMI perteneciente a un sistema SCADA el cual es un conjunto de hardware y software que permite monitorear y controlar procesos industriales y sus variables.



**Figura 14 HMI de un sistema SCADA [11]**

Por otra parte, en la figura 15 se pueden observar los componentes de hardware de un sistema SCADA



**Figura 15 Componentes de hardware de un sistema SCADA [12]**

### 2.4.1 Indusoft

El programa que se empleará en este proyecto es InduSoft Web Studio Educational, es un potente conjunto de herramientas de automatización totalmente modular para el desarrollo de aplicaciones, desde modernas interfaces Hombre-Máquina (HMI) hasta completos sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA). Su entorno de desarrollo permite controlar y monitorear diferentes estaciones de un proceso industrial. [13] En la Figura 16 se puede observar una imagen de una aplicación desarrollada en este software.



Figura 16 HMI desarrollada en Indusoft Web Studio (LOGICBUS, 2020)

### 2.4.2 Normativa IEC-61131

El estándar IEC-61131 aplicable a los proyectos que involucran el uso de autómatas programables y sus periféricos, tiene como finalidad definir e identificar características para el diseño y selección de PLCs, lenguajes de programación, recomendaciones para escribir las instrucciones, definir las comunicaciones y topología de red empleadas en un proyecto. Su principal objetivo es el de estandarizar el uso de PLCs en la industria. [14]

Uno de los aspectos que involucra el estándar es la aceptación de cuatro diferentes lenguajes de programación de PLCs. Los cuales se pueden dividir en dos grupos:

1. Lenguajes gráficos:

- Diagrama de escalera (LD)
- Diagrama de bloques funcionales (FBD)
- Diagrama funcional GRAFCET (SFC)

2. Lenguajes literales

- Lista de instrucciones (IL)
- Texto estructurado (ST)



**Figura 17 Lenguajes de programación según la normativa IEC-61131 [14]**

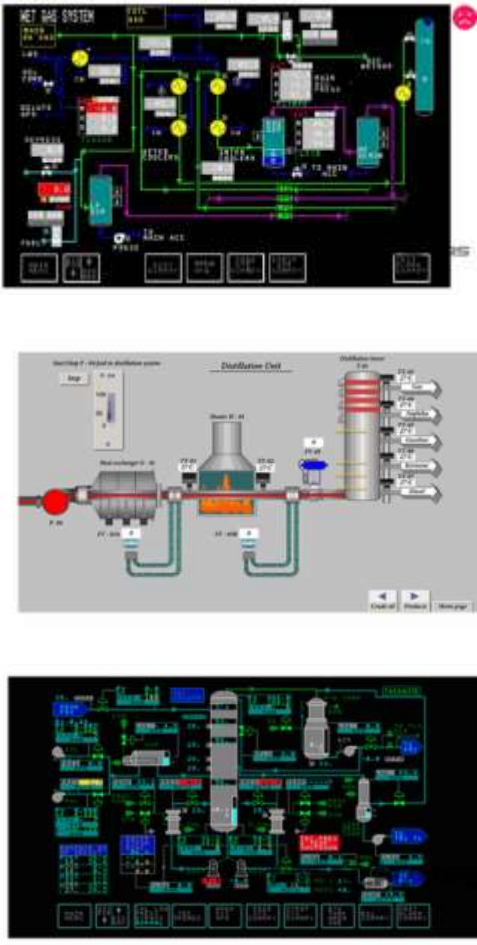
Este proyecto se desarrollará siguiendo las recomendaciones del estándar. Entre los beneficios del uso del mismo se pueden citar los siguientes aspectos:

- Reducir el gasto en recurso humano
- Evitar fuentes de problemas y fácil detección de fallas
- Técnicas de programación adecuadas a diferentes sectores
- Incrementar la conectividad y comunicación entre departamentos.

### 2.4.3 Normativa ISA 101-High Performance HMI

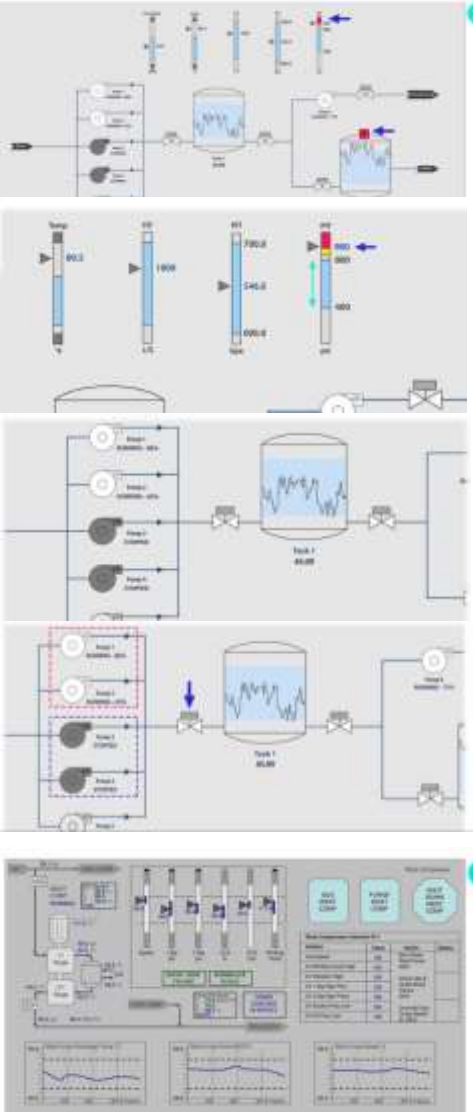
A medida que los sistemas de automatización crecen en dimensiones y escalabilidad se dificulta el control de los mismos desde una misma estación, este estándar busca establecer directrices para el desarrollo y diseño de HMIs destinadas al monitoreo y control de procesos industriales. Un buen diseño con un despliegue correcto de pantallas, de fácil entendimiento y con opciones claras para observar alertas y trabajo normal mejorará la productividad y reducirá costos de proceso. En la Tabla 3 se muestran varios ejemplos de errores comunes en el desarrollo de HMIs. [15]

**Tabla 3 Ejemplos de HMIs clásicas con errores comunes [15]**

HMIs mal diseñadas	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplio espectro de colores</li> <li>• Gráficos innecesarios</li> <li>• Distracciones visuales</li> <li>• Difícil entendimiento de los datos presentados</li> <li>• Representación de alarmas incorrectas</li> <li>• Inconsistencia en la navegación entre pantallas.</li> </ul>

Actualmente surge un concepto importante en el desarrollo de estas pantallas que son las High Performance HMIs (HMIs de alto desempeño), inicialmente se mostrará algunos de los errores más comunes en el desarrollo de las HMIs, mientras que en la Tabla 4 se muestran HMIs donde se aplica el concepto High Performance

**Tabla 4 HMIs High Performance [15]**

HMIs High Performance	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso adecuado de los colores, alejándose de los colores fuertes y coloridos. Las HMIs de alto rendimiento se desarrollan en escala de grises</li> <li>• No se usa el rojo y el verde para indicar ejecución o no. El uso de color es exclusivo para identificar fallas de forma rápida.</li> <li>• Correcto uso de información sobre datos</li> <li>• Uso correcto de tendencias incrustadas.</li> <li>• Mantener la pantalla lo más simple posible.</li> <li>• Gris oscuro para una bomba que está parada y blanco para una bomba funcionando. Para una bomba que no envía retroalimentación a SCADA, se representará en gris medio</li> </ul>

## 2.5 Flujo del proceso industrial para la elaboración de snacks fritos

El presente proyecto busca implementar la opción de producir snacks fritos de plátano y yuca. Para esto se desarrollará un estudio de mercado para encontrar los equipos que cumplan los requerimientos de cada etapa del proceso y a la vez permitan una integración de los mismos para la automatización del sistema en general, así como el desarrollo del SCADA. De manera general podemos definir el proceso industrial con los pasos mostrados en la Tabla 5.

**Tabla 5 Flujo de proceso para la elaboración de snacks fritos**

Etapas del Flujo Tecnológico del proceso de elaboración de snacks fritos	<b>Escaldado:</b> Proceso exclusivo para el plátano verde para eliminar las características pegajosas y consiste en colocarlo en agua a 90°C durante 3 min
	<b>Proceso de lavado:</b> En esta etapa se lava la materia prima previo su ingreso a la línea de producción
	<b>Pelado:</b> La función de este proceso es la de pelar la cáscara de la materia prima.
	<b>Corte:</b> En este proceso se desprende la cáscara de la pulpa de la materia prima
	<b>Fritura:</b> Proceso en el cuál se pasa los cortes de la materia prima por aceite vegetal caliente
	<b>Centrifugado:</b> Mediante el efecto de la fuerza centrífuga se desprende el aceite innecesario del producto
	<b>Saborizado:</b> Opción de estandarizar recetas mediante el control de aditivos que se añadirán por medio de válvulas
	<b>Empaquetado:</b> Accionamientos electroneumáticos para controlar el peso y la calidad de las diferentes presentaciones del producto.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

#### 3.1 Objetivos de diseño

Este proyecto se enfoca netamente a la línea de producción y a los equipos empleados directamente en ella, no se tomará en cuenta instalaciones civiles y eléctricas que no formen parte directamente del sistema automatizado de producción de snacks fritos.

Los objetivos de diseño previo a la etapa de caracterización del flujo de proceso y equipos seleccionados son los siguientes:

- Velocidad de la línea de producción flexible de 50 a 200 Kg/h.
- La línea de producción podrá realizar dos tipos de productos: yucas fritas y plátanos fritos en corte tipo rodaja.
- Los equipos deberán ser de acero inoxidable AISI 304 debido a que este material cumple con los requerimientos para manejo de alimentos según la FDA y que se debe garantizar la inocuidad en el proceso. [16]
- Las mesas de trabajo deberán tener una inclinación para que pueda escurrir el agua propia usada en las diferentes etapas del proceso y ser de un espesor de al menos 1.5 mm para evitar que se deformen.
- La altura recomendada mínima de las estaciones de trabajo debe ser de 90 cm desde el piso. Para mantener una ergonomía adecuada. [16]
- Uso de normativa ISA 101 para el diseño de las pantallas del sistema SCADA.
- Se emplea quemadores a diesel para los procesos donde se involucre aumento de la temperatura (escaldado – fritura), en el Ecuador actualmente es mucho más rentable tener un equipo con este tipo de energía.



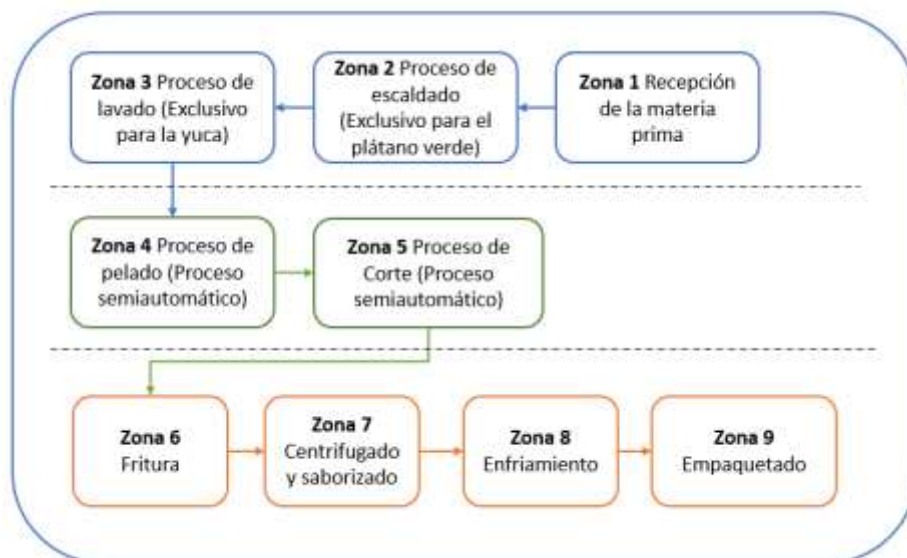
## **3.2 Diseño de la línea de producción**

En esta sección se va a diseñar el proceso de la línea de producción con un enfoque a cumplir los objetivos planteados mediante la selección de equipos y maquinarias de diferentes fabricantes para su integración.

### **3.2.1 Diagrama de bloques (Flujo del proceso)**

En la figura 18 se muestra el flujo de proceso que se aplicará para la línea de producción y para la lógica de programación. Además, se muestran las diferentes etapas que se podrá monitorear y observar desde el sistema SCADA, se pueden notar tres niveles de proceso:

- Las tres primeras zonas (bloques azules) son procesos en su mayor parte manuales ya que el plátano y la yuca como tal por sus características no cuenta con maquinarias para su corte en una línea continua.
- Las zonas 4 y 5 son procesos semiautomáticos que alimentan la línea continua de producción, de la investigación realizada se conoció que el uso de máquinas para el pelado genera un desperdicio de la pulpa de entre el 3 y el 7%, así como en algunos casos por la variación en las dimensiones de la materia prima algunos plátanos no son pelados de forma correcta recurriendo en re – trabajos. [17]
- Las zonas 6, 7, 8 y 9 forman un proceso continuo automatizado.



**Figura 18 Flujo del proceso industrial**

A continuación, se describe más a detalle cada uno de los elementos de cada zona:

- **Zona 1 - Recepción de la materia prima:** Se reciben las gavetas plásticas y se las acomoda en el área de trabajo de forma manual.
- **Zona 2 – Proceso de Escaldado:** Este proceso es exclusivo para el plátano verde, se calienta un recipiente mediante la activación del quemador, este proceso se controla desde el PLC con un termóstato.
- **Zona 3 – Proceso de lavado y pelado (yuca):** esta etapa es propia para la elaboración de snacks fritos de yuca, y se realiza mediante una máquina, el plátano no puede recibir el mismo trato pues por sus características físicas de la cáscara como ya se explicó en el capítulo anterior existe un desperdicio de la pulpa.
- **Zona 4 – Pelado:** esta etapa es propia para el plátano verde que proviene de la etapa de escaldado, la materia prima ingresa a una banda transportadora donde es tomada por operarios, pelada y colocada en

una banda transportadora diferente para que continúe hasta la siguiente sección.

- **Zona 5 – Proceso de corte:** Inicio del proceso común para los dos tipos de snacks las cortadoras por la forma de la materia prima sirven para ambos. El operador toma la materia prima del reservorio que es alimentado por una banda transportadora y las introduce una a una en la máquina peladora, cayendo en una banda transportadora que alimenta a la siguiente etapa.
- **Zona 6 – Proceso de fritura:** Se cuenta con una máquina de fritura continua, formada por una banda transportadora, termostato y su propio mecanismo para calentar el aceite. En esta etapa es necesario regular la velocidad de avance y la temperatura del aceite para obtener un producto de mejor calidad y crujiente.
- **Zona 7 – Centrifugado y saborizado:** Proceso en el cual se deja caer por acción centrifuga el exceso de aceite y se adiciona un sabor especial al producto ya frito. Se cuenta con un motor que acciona el bombo centrifugador y mezclador, un sensor de nivel para garantizar el aditivo en el proceso, un motor conectado a un tornillo sin fin regulable para adicionar el saborizante de forma continua y un motor de la banda transportadora regulable.
- **Zona 8 – Enfriamiento:** Se cuenta con una banda transportadora que lleva el producto a través de dos ventiladores que soplan aire frío hacia el mismo. Este proceso ayuda a mejorar la vida útil del producto en percha.
- **Zona 9 – Empaquetado:** De todos los procesos es el único que involucra su propio PLC, la máquina de esta etapa cuenta con su propia HMI y PLC para configurar los diferentes tipos de presentaciones que puede empaquetar.

### 3.2.2 Selección de equipos y maquinaria

Para la selección de los equipos que intervendrán en el proceso de la elaboración de snacks fritos, se realizó un cuadro comparativo en el cual se le asignará un valor de 1 a 5, considerando 1 como la nota que menos cumple con el requerimiento y 5 con la que lo cumple de mejor manera.

#### 3.2.2.1 Selección maquinaria para lavado y pelado de yuca

Para el proceso del lavado y pelado de yucas, se consideran tres opciones como se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6 Máquinas para pelado y lavado de yuca**

Equipo 1		Equipo 2		Equipo 3	
Modelo LX-23 [18]		TENRIT SOLO Y [19]		QX-08 [20]	
					
Material	AISI 304	Material	N/D	Material	AISI 304
Potencia (KW)	1.5	Potencia (KW)	1.5	Potencia (KW)	1.5
Capacidad (Kg/h)	2000	Capacidad (Kg/h)	800	Capacidad (Kg/h)	800
Dimensiones (mm)	2500 *850 *1500	Dimensiones (mm)	1480*1150*1390	Dimensiones (mm)	1800*750*800
Peso (Kg)	360	Peso (Kg)	295	Peso (Kg)	80
Precio (\$)	6,750.00	Precio (\$)	22,000.00	Precio (\$)	2,099.00

Cuadro de decisión para máquina de corte y lavado de yuca: (Tabla 7) se selecciona la máquina #3 modelo QX-08 con una capacidad de 800 Kg/h




**Tabla 7 Ponderación equipos para pelado de yucas**

Equipo	Material	Potencia	Capacidad	Dimensiones	Precio	Peso	Total
1	5	5	5	4	3	3	25
2	4	5	4	5	3	3	24
3	5	5	4	5	5	5	29

### 3.2.2.2 Selección maquinaria para corte (yuca y plátano)

Este proceso marca el inicio de la línea continua común para los dos tipos de snacks. Por lo tanto, las cortadoras deben presentar la opción de cortar los chips tanto de yuca como de plátano verde. Ver tabla 9.

**Tabla 8 Equipos para corte de materia prima**

Equipo 1		Equipo 2		Equipo 3	
Modelo GC-300 [21]		Taizy [22]		Cortadora de plátanos MPA [23]	
					
Material	AISI 304	Material	AISI 304	Material	AISI 304
Potencia (KW)	0.75	Potencia (KW)	0.75	Potencia (KW)	1.12
Capacidad (Kg/h)	300	Capacidad (Kg/h)	300	Capacidad (Kg/h)	100
Dimensiones (mm)	650*550*900	Dimensiones (mm)	650*700*1200	Dimensiones (mm)	870*630*1320
Peso (Kg)	300	Peso (Kg)	100	Peso (Kg)	85
Precio (\$)	1,500.00	Precio (\$)	2,500.00	Precio (\$)	3,500.00

Cuadro de decisión para el equipo de corte: (Tabla 10) se selecciona la máquina #1 modelo GC-300 con una capacidad de 300 Kg/h

**Tabla 9 Ponderaciones para selección equipo de corte**

Equipo	Material	Potencia	Capacidad	Dimensiones	Precio	Peso	Total
1	5	5	5	5	5	4	29
2	5	5	5	4	3	4	26
3	5	4	3	4	4	5	25

### 3.2.2.3 Selección de equipo para fritura continua

Este proceso funciona mediante una freidora de tipo continuo, al proceso ingresa la materia prima por una banda transportadora. En la tabla 10 más que realizar un análisis y seleccionar la mejor opción, se pretende identificar los tres tipos de energías para estas cocinas continuas que son: eléctricas, a gas y a gasoil (diesel). De la investigación de campo realizada con dos empresas de Santo Domingo se pudo identificar que para sus procesos de fritura su fuente de combustible es el diesel, actualmente en el país se viven tiempos de cambios y a pesar de que a la fecha de este trabajo de investigación el método más viable es este no existe un estudio de factibilidad económica y en la incidencia de la liberación del precio de los combustibles en los sistemas de producción de fritura de snacks fritos, por esta razón, se muestran tres tipos de cocina de un mismo proveedor con capacidades similares pero con diferente tipo de energía de trabajo.

**Tabla 10 Equipos para fritura [24]**

Equipo 1		Equipo 2		Equipo 3	
FREIDORA CONTINUA FEC 60 ELÉCTRICA		FREIDORA CONTINUA FGC60 GAS 60		FREIDORA CONTINUA O TREN DE FRITOS FOILC 35 GASOIL	
					
Material	AISI 304	Material	AISI 304	Material	AISI 304
Tipo	Eléctrica	Tipo	Gas	Tipo	Diesel
Potencia (KW)	16	Potencia (KW)	38	Potencia (KW)	49
Capacidad (Kg/h)	150	Capacidad (Kg/h)	150	Capacidad (Kg/h)	150
Dimensiones (mm)	806 x 1255 x 1350	Dimensiones (mm)	806x1255x1350	Dimensiones (mm)	1340x700x980

De estos equipos se empleará en el modelo CAD el equipo con funcionamiento a diesel #3.

### 3.2.2.4 Selección de equipo para centrifugado y saborizado

El proceso de saborizado y centrifugado se desarrolla mediante el uso de tambores rotativos y el efecto centrífugo, así como el accionamiento de actuadores para adicionar el saborizante de preferencia. En la tabla 11 podemos ver ejemplos de estas máquinas.

**Tabla 11 Equipos saborizado en línea continua**

Equipo 1		Equipo 2		Equipo 3	
Tambor saborizador rotativo INCALFER [25]		DGT [26]		GG-1500 [27]	
					
Material	AISI 304	Material	AISI 304	Material	AISI 304
Potencia (KW)	N/D	Potencia (KW)	0.75	Potencia (KW)	1.12
Capacidad (Kg/h)	N/D	Capacidad (Kg/h)	N/D	Capacidad (Kg/h)	100
Dimensiones (mm)	N/D	Dimensiones (mm)	2400X900X1500	Dimensiones (mm)	870*630*1320
Peso (Kg)	N/D	Peso (Kg)	200	Peso (Kg)	85
Precio (\$)	6,000.00	Precio (\$)	2,000.00	Precio (\$)	5,550.00

A continuación, se muestra el cuadro de decisión para el proceso de saborizado:  
Se seleccionará el equipo #2.

**Tabla 12 Ponderaciones para selección equipo de saborizado**




Equipo	Material	Potencia	Capacidad	Dimensiones	Precio	Peso	Total
1	5	5	4	4	4	4	26
2	5	5	5	4	5	4	28
3	5	4	3	5	4	5	26



### 3.2.2.5 Selección de equipo para enfriamiento

Estas máquinas usualmente forman parte de líneas de elaboración de productos fritos que deben ser envasados a temperatura ambiente para prolongar su período de vida. Se forman por una cinta transportadora que recibe el producto en un extremo, por la cual se desplaza el producto que sale ya de la etapa de fritura y este es atravesado por una corriente de aire. Ver tabla 13.

**Tabla 13 Equipos para enfriamiento**

Equipo 1		Equipo 2		Equipo 3	
Enfriador de cinta [28]		Taizy [29]		Cinta de enfriamiento [30]	
					
Material	AISI 304	Material	AISI 304	Material	AISI 304
Potencia (KW)	N/D	Potencia (KW)	1.27	Potencia (KW)	0.75
Dimensiones (mm)	N/D	Dimensiones (mm)	6200*800*2200	Dimensiones (mm)	870*630*1320
Precio (\$)	N/D	Precio (\$)	N/D	Precio (\$)	1.200,00

Para este caso se seleccionará la última opción, aunque se sugiere implementar el sistema de enfriamiento con bandas transportadores y motores con ventiladores de manera tal que cumplan la misma función. Y agregar un variador de frecuencia para regular la velocidad de avance hacia la etapa de empaquetado.

### 3.2.2.6 Selección de equipo para empaquetado

Este proceso marca el inicio de la línea continua común para los dos tipos de snacks. Por lo tanto, las cortadoras deben presentar la opción de cortar los chips tanto de yuca como de plátano verde. Ver tabla 9.

**Tabla 14 Equipos para empaquetado**

Equipo 1		Equipo 2		Equipo 3	
TOP Y MACHINERY [31]		Taizy [22]		Máquina de embalaje multicabezal [32]	
					
Material	AISI 304	Material	AISI 304	Material	AISI 304
Potencia (KW)	2.2	Potencia (KW)	1.4	Potencia (KVA)	2.2
Tamaño de funda (mm)	60 – 200	Tamaño de funda (mm)	60 - 120	Tamaño de funda (mm)	80 - 200
Velocidad (fundas/min)	15 - 60	Velocidad (fundas/min)	30 - 60	Velocidad (fundas/min)	5 -60
Capacidad (Kg/h)	250	Capacidad (Kg/h)	200	Capacidad (Kg/h)	720
Dimensiones (mm)	650*550*900	Dimensiones (mm)	740x940x1630	Dimensiones (mm)	1217X1015X1343
Peso (Kg)	N/D	Peso (Kg)	320	Peso (Kg)	N/D
Precio (\$)	7,200.00	Precio (\$)	5,000.00	Precio (\$)	15,000,00

Para estos casos planteados y considerando la capacidad y el precio se seleccionará la opción 1, ya que la máquina cumple con los requisitos planteados en la parte inicial de este capítulo.

### 3.3 Diseño de la automatización e integración

La línea de producción completa se muestra en la figura 19, la misma se realizó en software CAD con el objetivo de mostrar de forma más real el proceso e identificar interacciones entre los equipos empleados en el proceso.



**Figura 19 Línea de producción de snacks fritos**

Por otra parte, en la Tabla se muestra el listado de equipos y materiales empleados por cada etapa de producción.

**Tabla 15 Proceso de producción de snacks fritos**

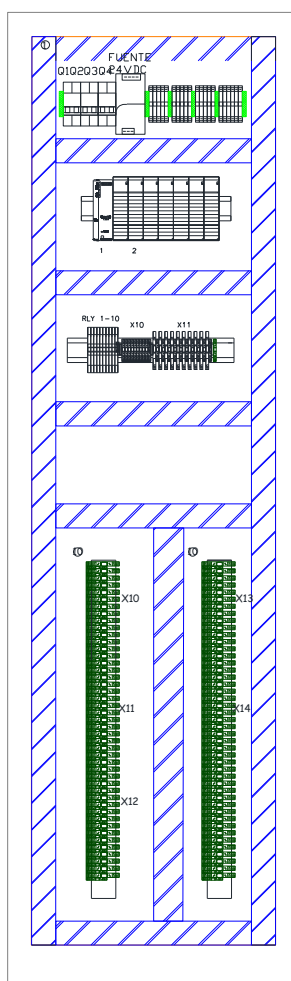
PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE SNACKS FRITOS: (YUCA Y PLATANOS) (100 Kg/h a 250 Kg/h)					
	ETAPAS MANUALES	Zona	Máquina y equipos empleados	Entradas al PLC	Salidas del PLC
Procesos manuales	Recepción de la materia prima	1	* Gavetas plásticas * Mesas de acero inoxidable		

	Proceso de escaldado (exclusivo para el plátano verde) (este proceso no se realiza para la yuca)	2	* Proceso manual * Cocina a gas industrial * Piscina para gavetas plásticas con agua hirviendo	* 1 señal de temperatura * 1 pulsador de arranque * 1 pulsador de paro	* 1 salida activar el quemador
	Proceso de lavado (exclusivo para las yucas)	3	* Máquina QX-08 para lavado y pelado de yucas * Mesas de trabajo de acero inoxidable		
<b>Procesos semi-automáticos</b>	Proceso de pelado	4	* 3 Bandas transportadora para el pelado del plátano verde. * Para las yucas se llevan directamente a la etapa de corte y rebanado de forma manual	Pulsador de arranque Paro de emergencia Pulsador de stop 2 entradas analógicas para regular la velocidad de la banda y del elevador	3 salidas a los motores
	Proceso de cortado o rebanado	5	Máquina GC - 300 corte de yucas y plátanos * 1 bandas transportadoras 1 variadores de frecuencia * 1 motores giratorios para las cortadoras	1 sensor capacitivo o sensor de peso en el acumulador previo a la etapa de fritura	2 salidas de los variadores de frecuencia bandas transportadoras 2 motores para las cuchillas de corte
<b>Procesos automáticos</b>	Fritura	6	Maquina continua de fritura a gasoil FOILC 35	* 1 selector * 2 señales analógicas de temperatura del termostato * 1 entrada digital paro de emergencia	* 1 salida analógica * 1 salida digital (prender el quemador) * 1 salida digital para encender la bomba de recirculación
	Centrifugado y saborizado	7	Máquina de saborizado rotativa DGT	* 1 sensor de nivel en el reservorio de la sal	* 1 salida digital banda de alimentación * 1 salida digital para girar el tambor * 1 salida para motor tornillo sin fin que agrega la sal
	Enfriamiento	8	Cinta de enfriamiento	* 1 sensor analógico de temperatura	* 1 salida al motor de la banda con variador * 2 motores ventiladores con variadores
	Empaquetado	9	Máquina de empaquetado TOP Y MACHINERY	* 1 sensor de nivel de la tolva * 1 sensor capacitivo para conteo de fundad	* 1 salida motor elevador con variador * 1 salida digital del PLCs que manda a activar la máquina * 1 banda de salida del PLCs

### 3.3.1 Instrumentación del proceso (Sensores y actuadores)

Para la automatización de este proceso se utilizará un PLC Siemens de la gama 1500 con sus respectivos módulos, variadores, guarda motores y válvulas On/Off y Proporcionales, sensores análogos y discretos.

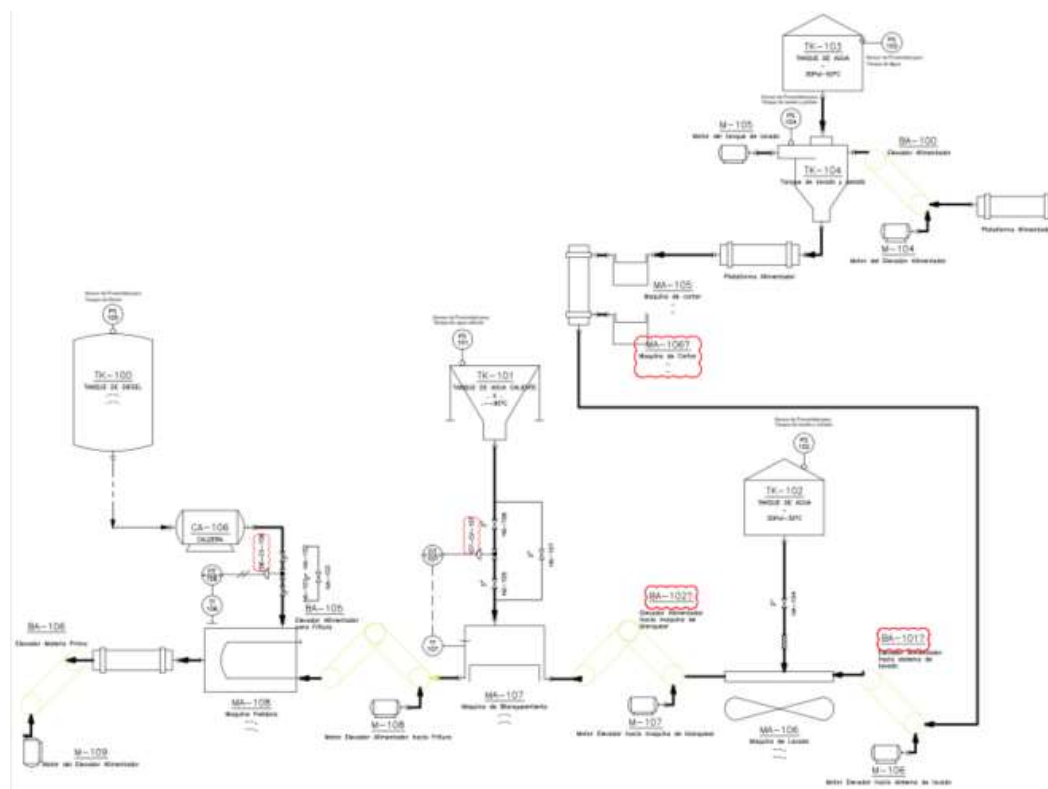
En la siguiente figura 20 encontraremos un tablero donde está el PLC con sus módulos y su respectiva alimentación eléctrica



**Figura 20 Conexión del PLC, módulos de entradas y salidas**

### 3.3.2 Diagrama P&ID

En la figura 21 se muestra el esquema P&ID del proceso de la planta procesadora de snacks fritos. Adicional el Anexo 1 contiene el documento en mejor calidad.



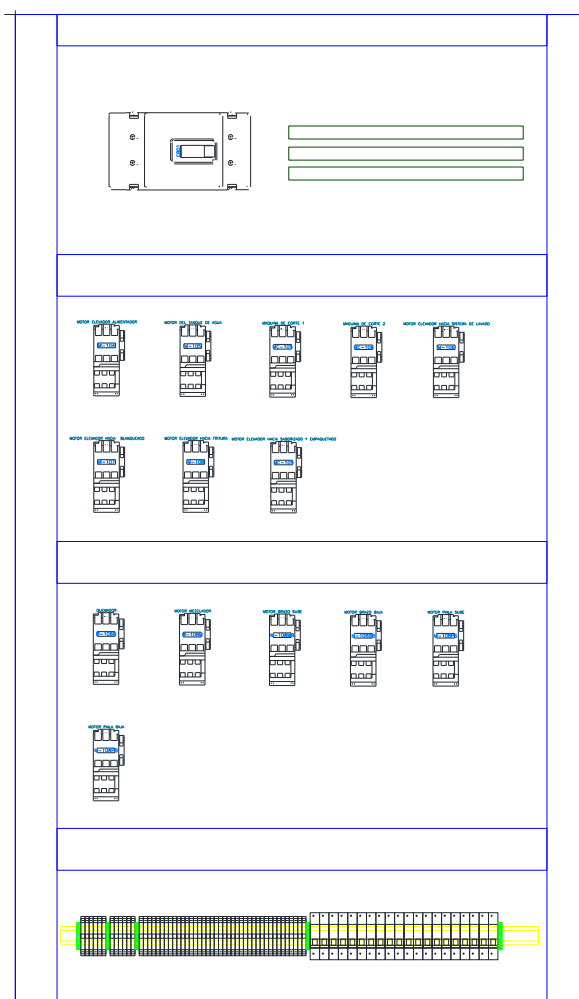
**Figura 21 Plano P&ID del flujo de proceso implementado**

### 3.3.3 Planos eléctricos de control y fuerza

De igual manera el sistema eléctrico y los planos desarrollados del proyecto se muestran en el Anexo 2.

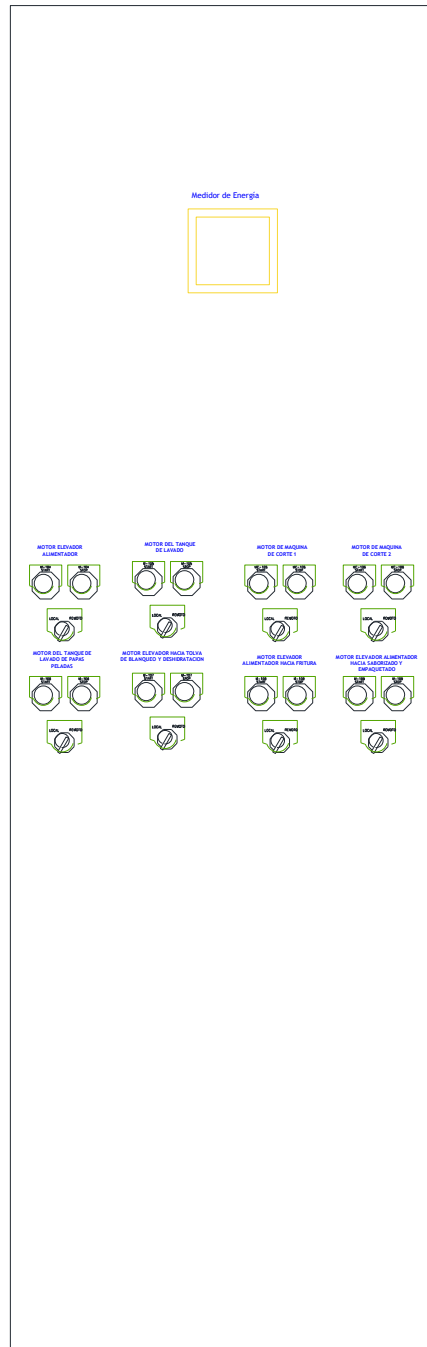
### 3.3.4 Diseño de tableros

Para el correcto funcionamiento de la planta de snacks se emplearán los siguientes tableros eléctricos de control y fuerza: La figura 22 muestra el tablero principal de la planta.



**Figura 22** Tablero principal de los motores de la planta

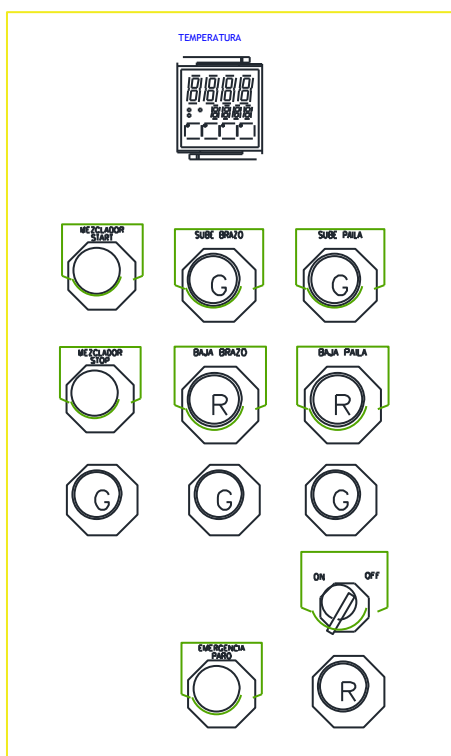
En la Figura 23 se muestra la parte externa del diseño del tablero de los motores de la planta, logrando tener la opción de poder trabajar localmente y remotamente desde un Scada por medio de la conexión del PLC.



**Figura 23 Conexión de pulsadores con selección de local y remoto de motores de la planta.**



Por otra parte, en la Figura 24 se muestra el tablero de control de temperatura para el proceso de fritura en el que se encuentra un controlador con varios elementos eléctricos para su respectivo funcionamiento.

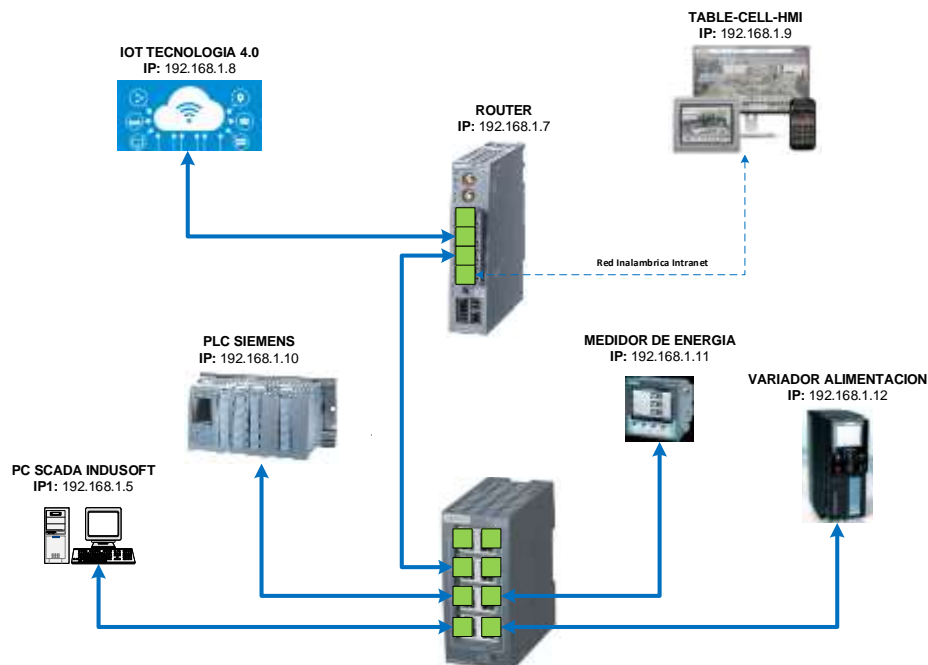


**Figura 24 Tablero eléctrico de Sistema de Fritura**

### 3.3.5 Topología de red

De los tipos de tecnología más conocidas que existen son: bus, estrella y anillo. La más segura es la topología tipo anillo bidireccional más presenta la desventaja de que es la más costosa. La topología a utilizar es tipo estrella, esta conexión en los sistemas permitirá tener una buena conexión sin perder comunicación con los demás equipos cuando falle uno de ellos, se debe considerar el escoger un buen router ya que este equipo centraliza la comunicación y en comparación a una topología tipo bus es más segura, esto

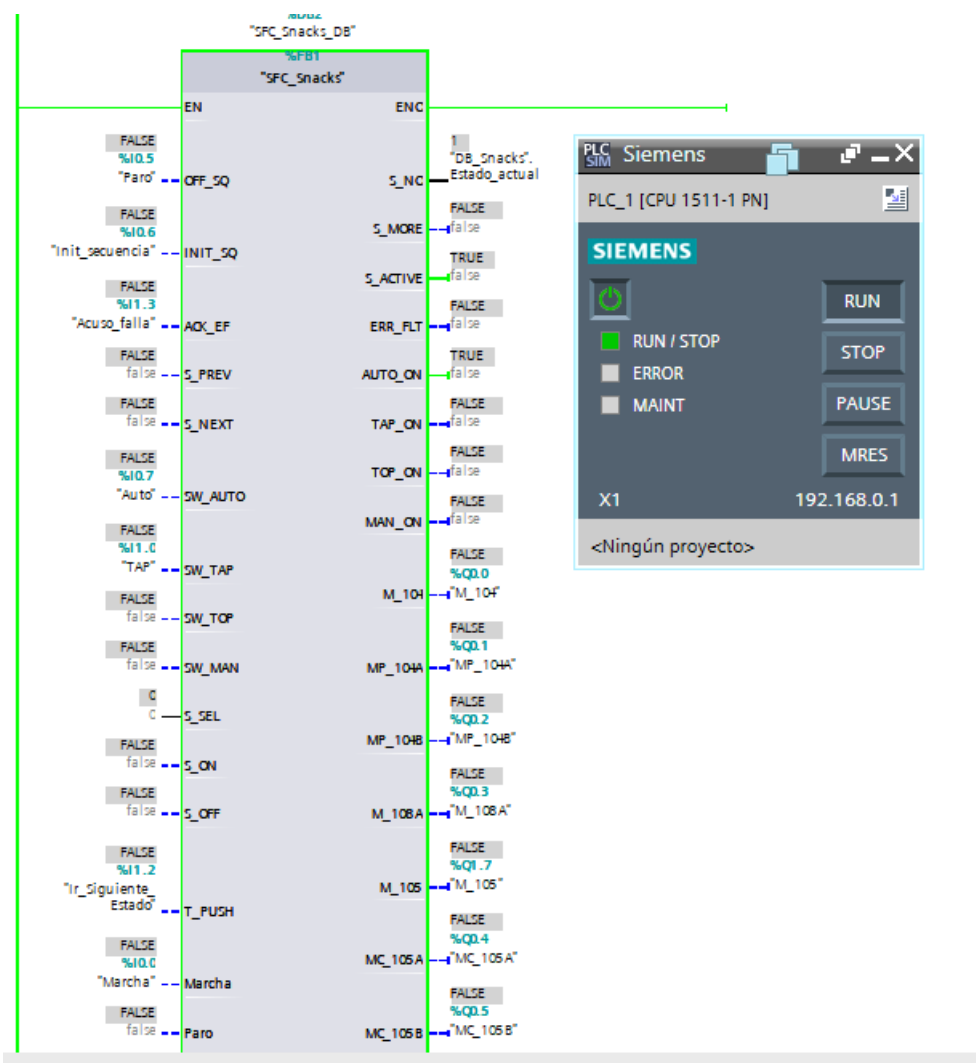
es importante ya que se utilizará equipos con tablets para el manejo del proceso de la planta. En la figura 25 se muestra la topología de red.



**Figura 25 Topología de red de los equipos empleados**

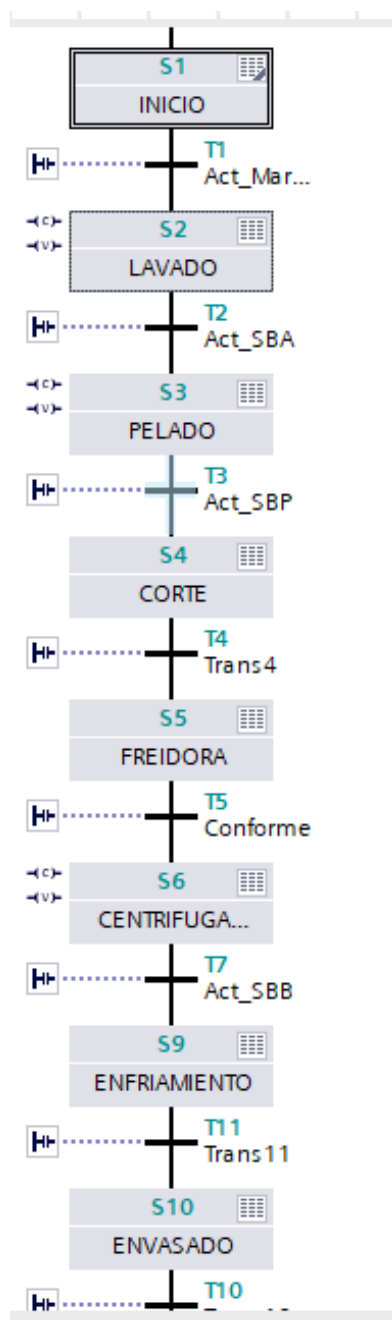
### 3.3.6 Programación del PLC

En la programación principal del PLC se creó un bloque SFC que contiene la secuencia de todo el proceso para la elaboración de snacks fritos, el bloque contiene las entradas y salidas discretas, permite la facilidad de tener un orden y programas de acuerdo al estándar IEC 61131, utilizando lenguaje de programación y elementos comunes.



**Figura 26 Llamado mediante un FB al programa SFC desarrollado.**

Gráfico Funcional Secuencial: En la figura 27 se observa secuencialmente el comportamiento del programa a controlar dando la facilidad de tener en secuencia y poder observar el proceso con una visión global, en cada una de estas etapas se cuenta con los accionamientos de motores, secuencia de tiempos para los ciclos de trabajo y detección de posibles fallas.



**Figura 27 Proceso de la planta en lenguaje SFC**

- **Creación de bloques FC**

Siguiendo con la Normativa del estándar IEC 61131 se procedió a crear bloques FC con la facilidad de poder utilizar en cualquier otro control, en el programa

principal se utilizó varios de estos bloques FC, que se crearon para el control de temperatura y el control de los niveles.

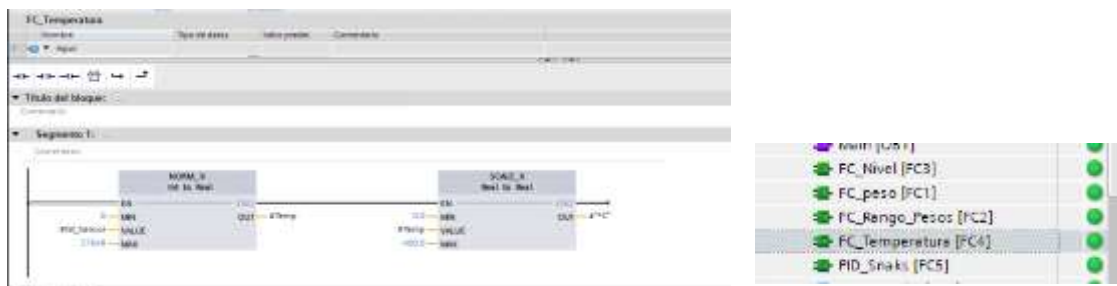


Figura 28 Bloques de control de temperatura FCs normalizado y escalado.

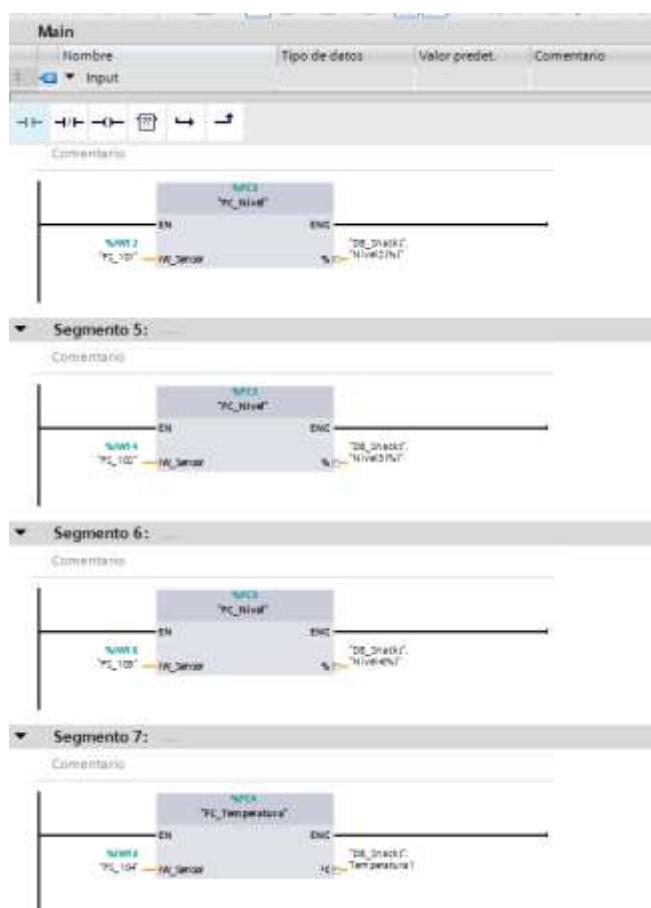
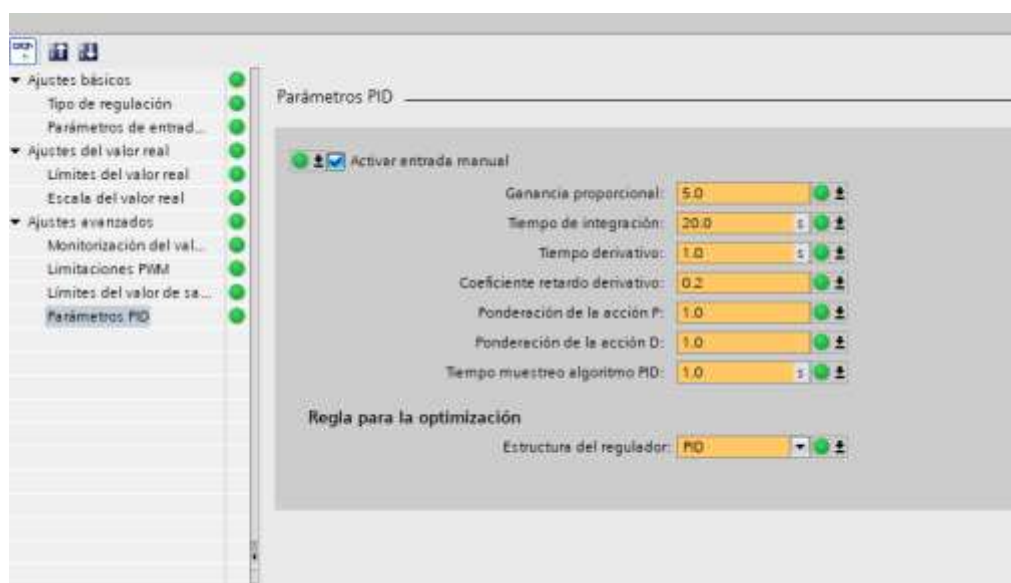


Figura 29 Bloques no normalización y escalado para señales analógicas.

Para el respectivo lazo de control se creó un bloque PID que integra el programa Tia Portal en una de sus herramientas para generar un controlador de la temperatura en el proceso de fritura, Ver Figura 30. A continuación se detalla los pasos del proceso:

1. Se agrega un ciclo OB al programa para poder habilitar el bloque PID en este programa.
2. Se ingresa el bloque PID a dicha secuencia OB.
3. Se configura el bloque PID

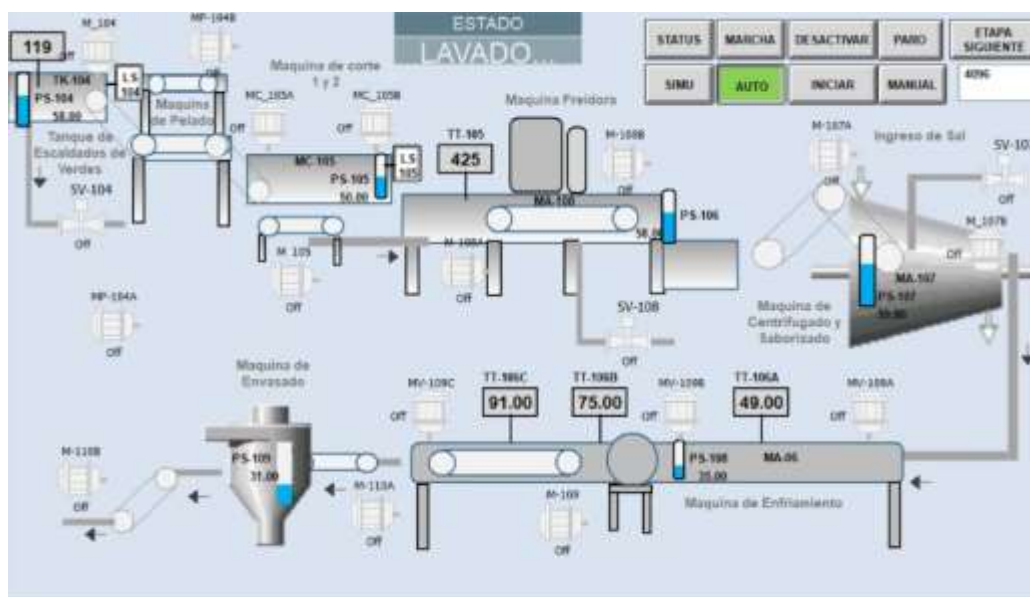
Se plantea esta explicación dentro del proyecto por si en futuros casos se requiere implementar algo físico. Para este proyecto no se cuenta con un modelo físico ni matemático ya que la planta es enteramente simulada.



**Figura 30 Configuración de los parámetros del bloque PID**

### 3.3.7 Instrumentación del proceso

Como se puede observar en la Figura 31 de la vista general del proceso desde el SCADA se cuenta con diferentes sensores de temperatura (TT) y de nivel del tipo analógico (PS).



**Figura 31 Vista general del proceso desde el SCADA**

A continuación, se detalla las características técnicas de los sensores empleados, todos cumplen los requerimientos de la normativa FDA para su uso en procesos alimenticios.

**Tabla 16 Tabla de sensores empleados en el sistema SCADA**

ITEM	SENSOR	DESCRIPCIÓN	RANGO DE MEDICIÓN	MODELO DEL SENSOR	MARCA
1	TT-104	Sensor de temperatura de la marmita de sancochado	20 - 150 °C	TD2231 TD-100CFED06-A-ZVG/US	IFM
2	TT-105	Sensor de temperatura para máquina freidora	20 - 200 °C	TA2531 TA-100CLER12- - /US	IFM

3	TT-106A	Sensor de temperatura para túnel de enfriamiento	0 - 30 °C	TA3597 TA-000KLER12- /US	IFM
4	TT-106B	Sensor de temperatura para túnel de enfriamiento	0 - 30 °C	TA3597 TA-000KLER12- /US	IFM
5	TT-106C	Sensor de temperatura para túnel de enfriamiento	0 - 30 °C	TA3597 TA-000KLER12- /US	IFM
6	PS_104	Sensor de Nivel del Tanque TK-104	0-100 %	Micropilot FMR20	Endress+Hauser
7	PS_105	Sensor de Nivel del Tanque TK-105	0-100 %	Micropilot FMR20	Endress+Hauser
8	PS_106	Sensor de Nivel del Tanque TK-106	0-100 %	Micropilot FMR20	Endress+Hauser
9	PS_107	Sensor de Nivel del Tanque TK-107	0-100 %	Micropilot FMR20	Endress+Hauser
10	PS_108	Sensor de Nivel del Tanque TK-108	0-100 %	Micropilot FMR20	Endress+Hauser
11	PS_109	Sensor de Nivel del Tanque TK-109	0-100 %	Micropilot FMR20	Endress+Hauser

#### a) Sensor de temperatura TD2231

Transmisor de temperatura para marmita de sancochado [33]

- Diseño apto para aplicaciones asépticas que cumple los requisitos de la industria alimentaria y de bebidas
- Dinámica de respuesta muy buena y tiempo de retardo a la disponibilidad muy corto
- Pantalla con LED de 4 dígitos de fácil lectura
- Precisa salida analógica y comunicación cómoda a través de IO-Link



- Grado de protección elevado y alta resistencia a la presión

#### **b) Sensor de temperatura TA2531**

Transmisor de temperatura para máquina freidora [34]

- Rango de medición [°C] -50...200
- Conexión de proceso conexión de rosca G 1/2 junta cónica
- Salida analógica de corriente [mA] 4...20

#### **c) Sensor de temperatura TA3597**

Transmisor de temperatura para túnel de enfriamiento. [35]

- Resistente y compatible con aplicaciones asépticas
- Diseño especialmente compacto
- Sellado seguro durante el proceso
- Adaptadores para todas las conexiones de proceso habituales

#### **d) Sensor de nivel Micropilot FMR20**

Sensor de nivel para tanques de proceso [36]

- Sólido nivel de radar
- Control de nivel para sólidos y para líquidos
- A 2 hilos (HART, 4...20 mA, Modbus)
- +/- 5 mm (0.2")
- Máx. distancia de medición DN80: 10 m (32.8 ft)

### 3.3.8 Tabla de variables del PLC

En la tabla 17 se muestran las variables del PLC.

**Tabla 17 Tabla de variables del PLC**

Ubicación	Descripción	Identificador	Tipo	Dirección	Entrada/Salida	Tipo	Rango
Escaldados	Motor del Elevador Alimentador	M_104	Bool	%Q0.0	Salida	Digital	1-0
Lavado del Producto	Motor del tanque de lavado	M_105	Bool	%Q0.1	Salida	Digital	1-0
Lavado del Producto	Sensor de proximidad para Tanque de lavado	PS_100	Int	%IW10	Entrada	Análogica	0-100%
Lavado del Producto	Switch de Nivel de Tanque de Lavado	LS-104	Bool	%I0.5	Entrada	Digital	1-0
Lavado del Producto	Valvula On/Off de Tanque de Lavado	SV-104	Bool	%Q1.0	Salida	Digital	1-0
Lavado del Producto	Sensor de proximidad de Tanque de Agua	PS-103	Int	%IW20	Entrada	Análogica	0-100%
Lavado del Producto	Switch de Nivel de Tanque de Agua	LS-103	Bool	%I0.6	Entrada	Digital	1-0
Lavado del Producto	Valvula On/Off de Tanque de Agua	SV-103	Bool	%Q1.1	Salida	Digital	1-0
Pelado	Motor de Maquina de corte 1	MC-105	Bool	%Q1.4	Salida	Digital	1-0
Pelado	Motor de Maquina de corte 2	MC-106	Bool	%Q1.5	Salida	Digital	1-0
Corte	Motor Elevador hacia sistema de lavado	M_106	Bool	%Q0.2	Salida	Digital	1-0
Corte	Sensor de proximidad de Tanque de Agua	PS-102	Int	%IW22	Entrada	Análogica	0-100%
Corte	Switch de Nivel de Tanque de Agua	LS-102	Bool	%I0.7	Entrada	Digital	1-0
Corte	Valvula On/Off de Tanque de Agua	SV-102	Bool	%Q1.2	Salida	Digital	1-0
Freidora	Motor Elevador hacia Tola de Blanqueamiento y Deshidratación	M_107	Bool	%Q0.5	Salida	Digital	1-0
Freidora	Sensor de Proximidad para Tanque de Agua Caliente	PS-101	Int	%IW14	Entrada	Análogica	0-100%
Freidora	Switch de Nivel de Tanque de Agua Caliente	LS-101	Int	%IW16	Entrada	Análogica	0-100%
Freidora	Sensor de Temperatura para Tola de Blanqueamiento y Deshidratación	TT_107	Int	%IW22	Entrada	Análogica	0-100%
Freidora	Valvula de control Temperatura para Tola de Blanqueamiento y Deshidratación	CV-107	Int	%QW4	Salida	Análogica	0-100%
Centrifugado	Motor Elevador Alimentador hacia Fritura	M_108	Bool	%Q0.6	Salida	Digital	1-0
Centrifugado	Valvula de control Temperatura para Sistema de Fritura	CV_106	Int	%QW2	Salida	Análogica	0-100%
Centrifugado	Sensor de Temperatura para Sistema de Fritura	TT_106	Int	%IW20	Entrada	Análogica	0-100%
Centrifugado	Sensor de proximidad de Tanque de Diesel	PS-100	Int	%IW18	Entrada	Análogica	0-100%
Enfriamiento	Switch de Nivel de Tanque de Diesel	LS-100	Bool	%I1.0	Entrada	Digital	1-0
Enfriamiento	Valvula On/Off de Tanque de Diesel	SV-100	Bool	%Q1.3	Salida	Digital	1-0
Enfriamiento	Motor del Elevador Alimentador hacia esborzado y Enpaquetado	M_109	Bool	%Q0.7	Salida	Digital	1-0
Envasado	Motor de banda de entrada para alimentación de los Snaks en envasado						
Envasado	Motor de banda de salida para alimentación de los Snaks hacia montacargas						

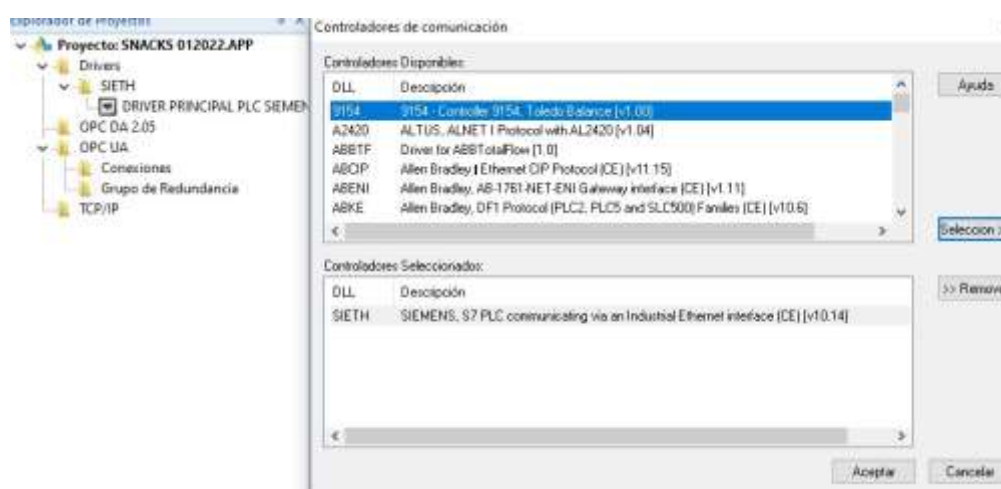
Diagrama de conexiones de control y fuerza desde el PLC. Ver Anexo 2.

### 3.4 Sistema SCADA

Para el diseño del sistema SCADA se empleó el software libre en su versión educacional Indusoft Web Studio. Las pantallas se diseñaron aplicando los conceptos de la normativa ISA 101 para HMIs High Performance. Esta norma pretende proporcionar orientación para diseñar, construir, operar y mantener HMI efectivas que resulten más seguras, más eficaces y más eficiente en el control de un proceso, en todas las condiciones de funcionamiento.

### 3.4.1 Ventana principal

Para el buen funcionamiento del sistema SCADA se configura el canal de comunicación para simular entre Indusoft y Tia Portal. En la figura 56 se agrega un controlador de comunicación SIETH comunicación vía Industrial Ethernet Interface, que es parte del listado que tiene Indusoft SP4, la configuración de este controlador de comunicación se agrega cada Tagname con la IP del PLC y dirección I/O.



**Figura 32 Driver de comunicación SCADA y PLC**

En Indusoft se desarrolla lo necesario para que el operador observe el proceso, es así que se configuran paneles de navegación como se puede observar en la Figura 33, lista de variables de los equipos y la creación de pantallas y equipos que se utilizará en el manejo del SCADA.

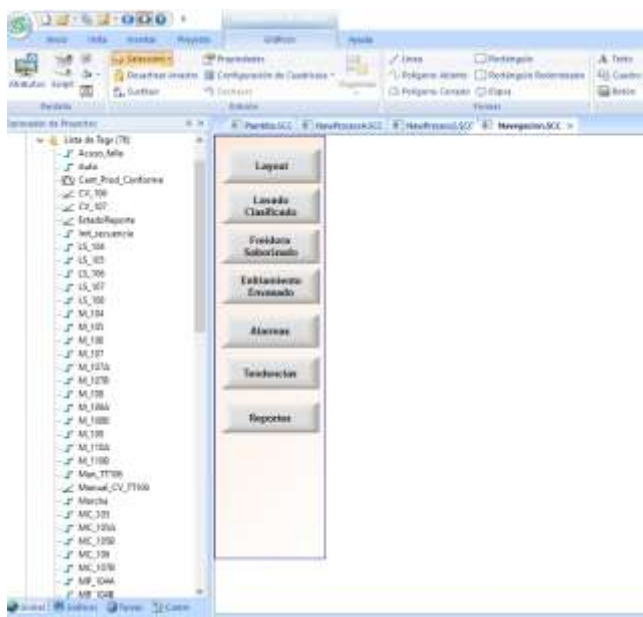


Figura 33 Desarrollo de página de navegación del sistema SCADA

### 3.4.2 Ventana de alarmas y gráficos de tendencias

En la figura 34 se muestra el proceso de configuración de las alarmas del proceso mientras que en la figura 38 el proceso de tendencia de algunas variables del proceso, que se explicarán en el capítulo de pruebas.

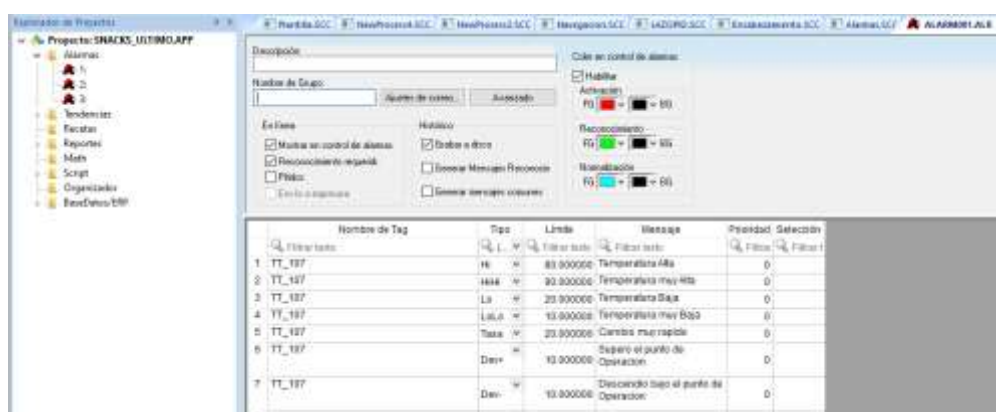


Figura 34 Configuración de alarmas

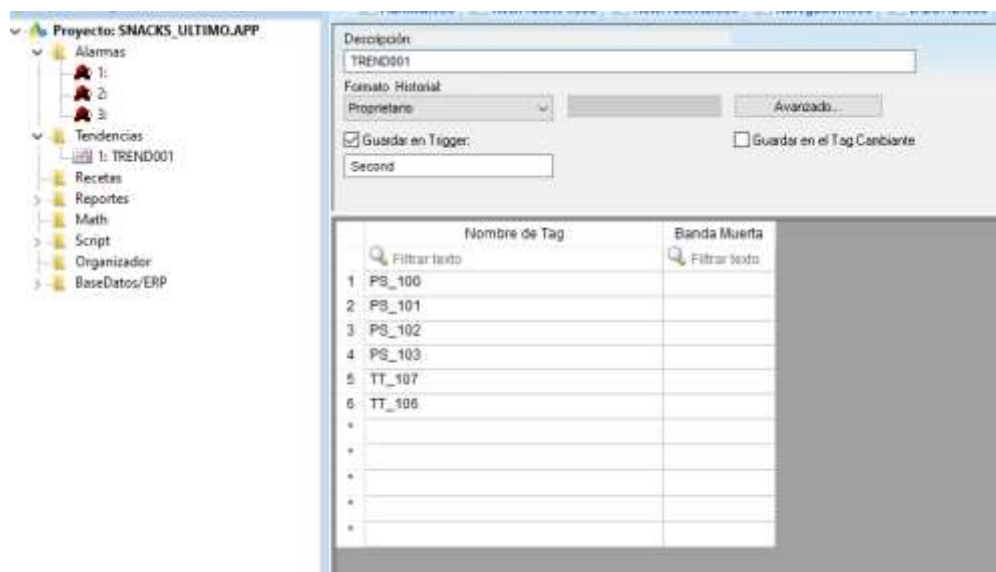


Figura 35 Gráfico de tendencias

### 3.4.3 Accesibilidad a Tecnología 4.0

Se desarrollaron páginas Web para el envío de datos por medio de tecnología 4.0. Para el envío de la información y la visualización de las páginas Web se crean las mismas con el programa de Indusoft, en la Figura 36 se muestra el cuadro negro, la parte web del sistema en la que esta se configura el envío de información hacia un móvil, tablet o pc por medio de aplicaciones o por medio de intranet.

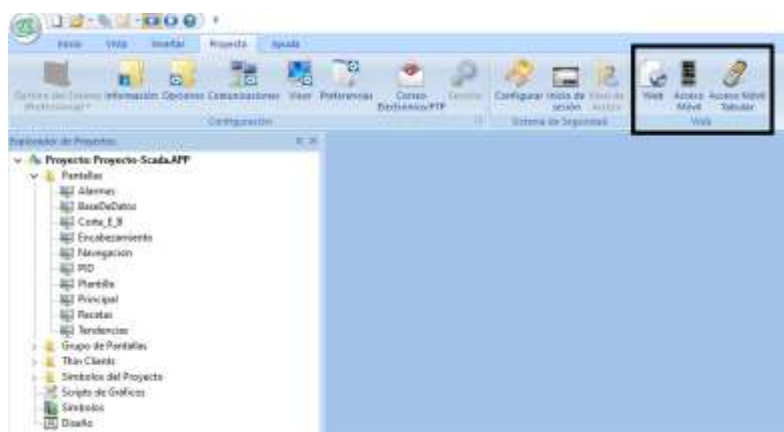
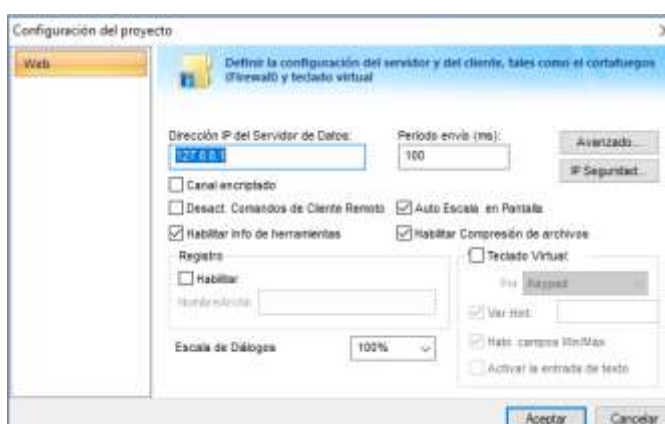


Figura 36 Configuración de comunicación para acceso a la nube intranet

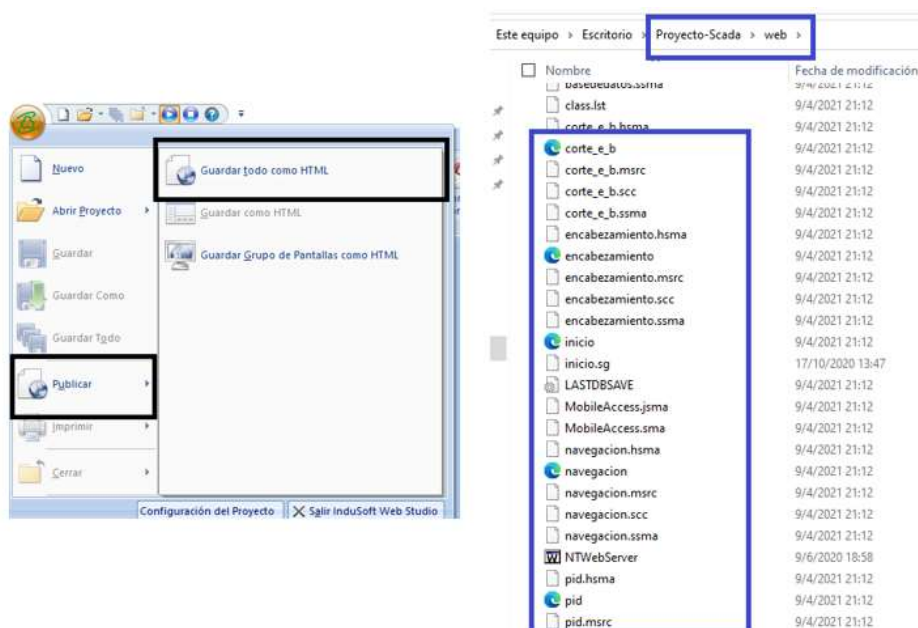
El siguiente paso es configurar una IP para el ingreso de la página localmente, esta IP servirá para la utilización e ingreso de los datos a observar del proceso de Snacks.



**Figura 37 Configuración de la IP para acceso a la intranet**

Al finalizar la configuración de la IP para la visualización web, se debe crear con Indusoft las páginas, este se ejecuta y crea las páginas de cada proceso, de la cual se desea operar.

1. Dirigirse a archivo luego se presiona en “Publicar”.
2. En publicar se ingresa en guardar todo como HTML.
3. Al publicar este se envía en la carpeta del proyecto en web, y allí se ingresan todas las páginas del proceso como se observa en la secuencia de imágenes de la Figura 38



**Figura 38 Pantallas para HTML**

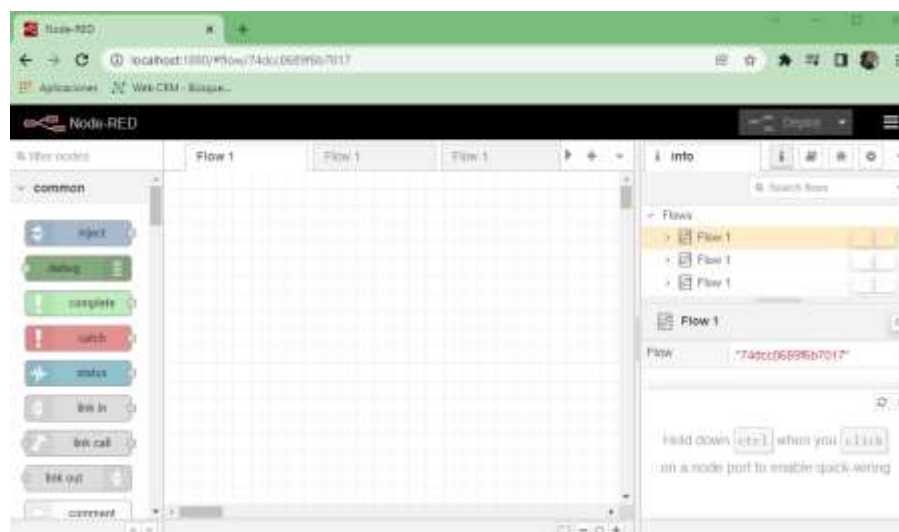
La ejecución de las páginas web del proceso de snacks, se realiza ingresando a la siguiente dirección <http://127.0.0.1/inicio.html> al ingresar esta dirección se ejecutará la interfaz de Indusoft y se comunicará por medio del explorador de Internet Explorer.

Para la ejecución de una red Internet o IOT se va a utilizar y configurar 2 programas como es Node-red y Ubidots. Node-RED es una herramienta de programación visual, además es un editor de flujo basado en el navegador donde se puede añadir o eliminar nodos y conectarlos entre sí, con la herramienta de programación que se utiliza para conectar dispositivos de hardware, APIs y servicios de internet. Es de fácil utilización e importante para los equipos dedicados al Internet de las cosas (IoT). Node-red se conecta con el PLCSIM-Advance y Ubidots se conecta con Node-red por medio de módulos que tiene este último.

A continuación, se detallan los pasos de las configuraciones:

Para instalar Node-red en Windows ejecutamos los siguientes pasos.

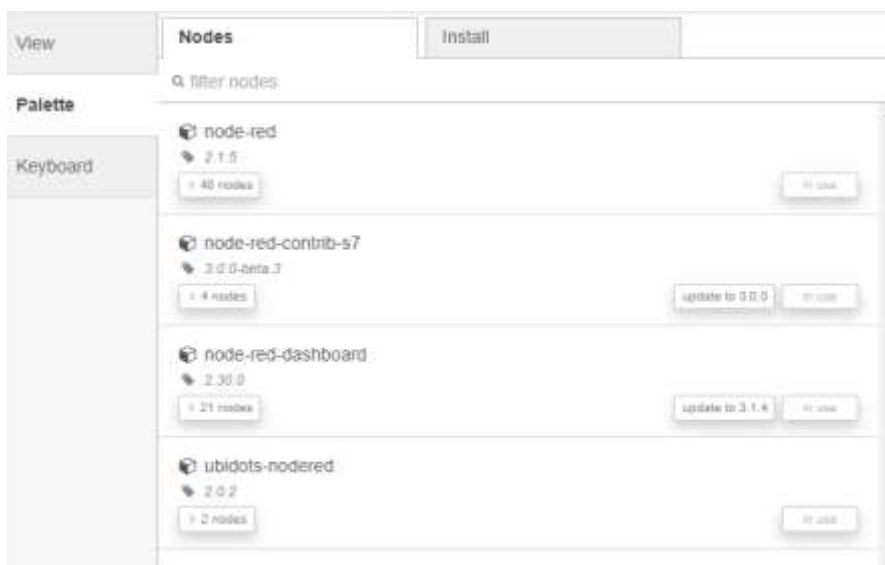
1. Dirigirse a la siguiente página para instalar Node js para Windows <https://nodejs.org/es/>.
2. Ejecutar la herramienta Windows PowerShell y comprobamos la versión instalada con el siguiente código `node --version; npm --version`
3. Con la herramienta Windows PowerShell, ingresar el siguiente código `npm install -g -unsafe-perm node-red`. Esto se empieza a instalar.
4. Una vez instalado se debe ejecutar ingresando Node-Red en CMD como administrador.
5. Abrir un explorador ejecutando localhost:1880 como se observa en la figura 39.



**Figura 39 Explorador de Node-Red**

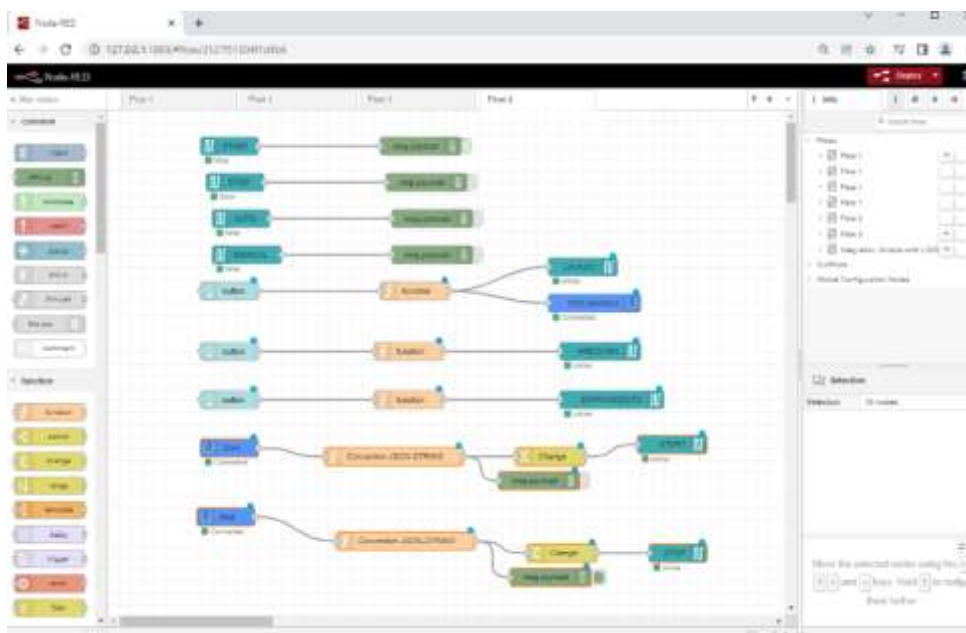
6. Para utilizar los nodos necesarios en este proyecto se debe instalar las siguientes librerías.





**Figura 40 Librerías para la programación de Node-Red**

7. Desarrollo de la programación con las respectivas funciones para la ejecución del proyecto y envío de datos a la nube Ubidots.



**Figura 41 Programación de secuencias en Node-Red**

8. Configuración Node Red al PLC

En la Figura 42 y 43, se muestra del lado izquierdo los módulos de entrada y salida del PLC para Node Red, en la pantalla del lado derecho se muestra la configuración del PLC.



**Figura 42 Configuración del PLC en Node Red**



**Figura 43 Configuración de las variables del PLC en Node Red**

Ubidots es una plataforma de IoT (Internet de las cosas) que habilita la integración de sistemas a nivel global. Esta herramienta nos permite enviar datos de sensores a la nube, configurar alarmas e históricos, conectarse con otras plataformas como Node-Red y tener datos en tiempo real.

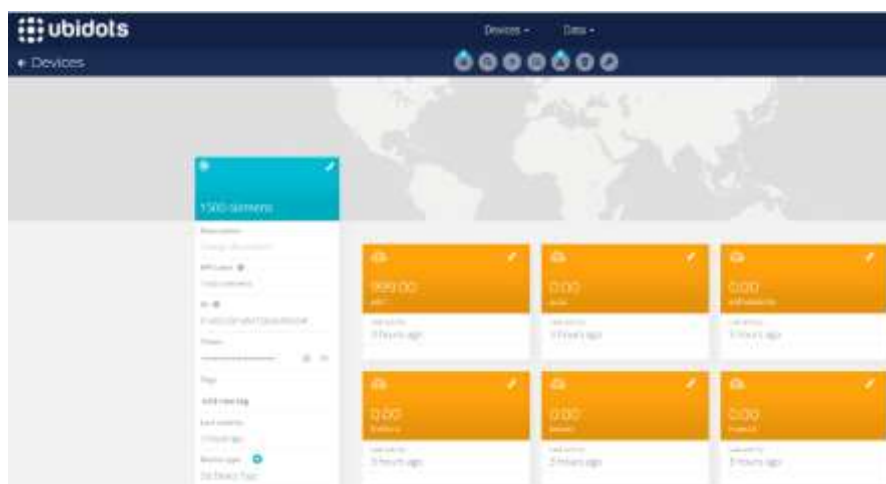
Para ejecutar Ubidots se necesita:

1. Crear una cuenta con su respectivo usuario y contraseña.



**Figura 44 Pagina de Ubidots para la comunicación IoT**

2. En device añadir dispositivo en este caso el PLC1500.



**Figura 45 Dispositivos en Ubidots**

3. Se ingresa a Dashboards y se configura los bloques necesarios



**Figura 46 Dashboards de Ubidots**

4. Configuración Ubidots a Node Red

En la Figura 47, se muestran los bloques de configuración en Node Red hacia Ubidots, En el primero account Type se selecciona Ubidots pues es el programa al cual se enlazar , Name corresponde al canal de comunicación creado, token corresponde al propio link que genera Ubidots.

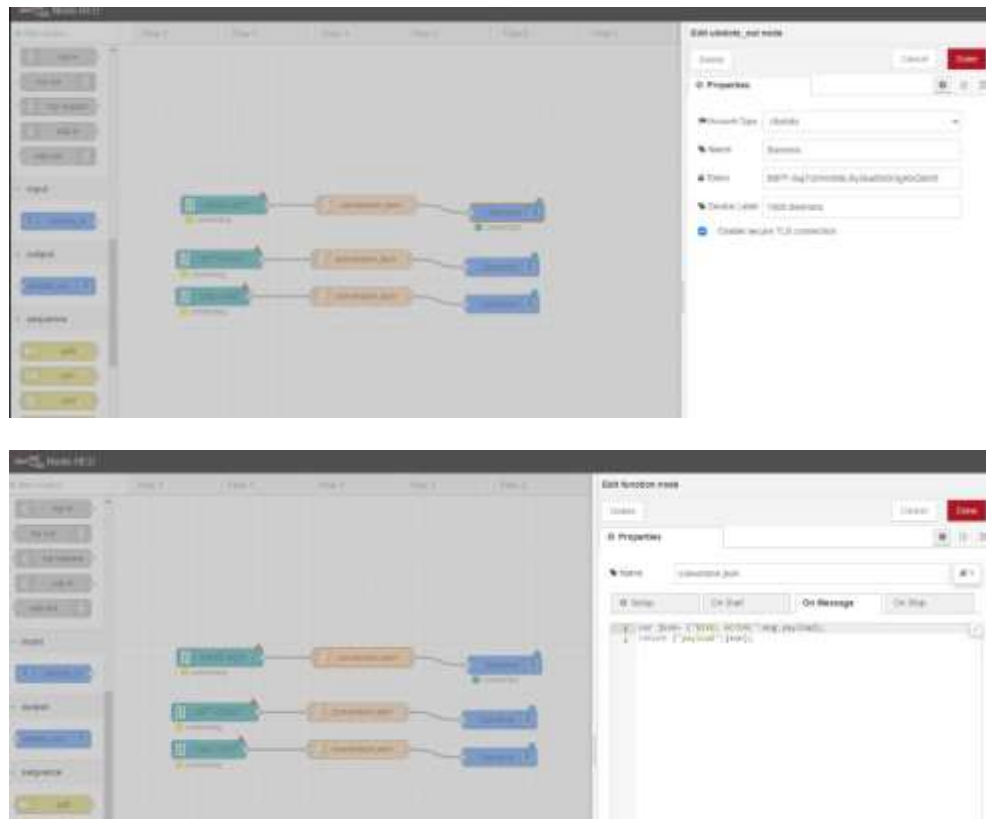


Figura 47 Configuración de Ubidots a Node Red. Se envía variable por variable.

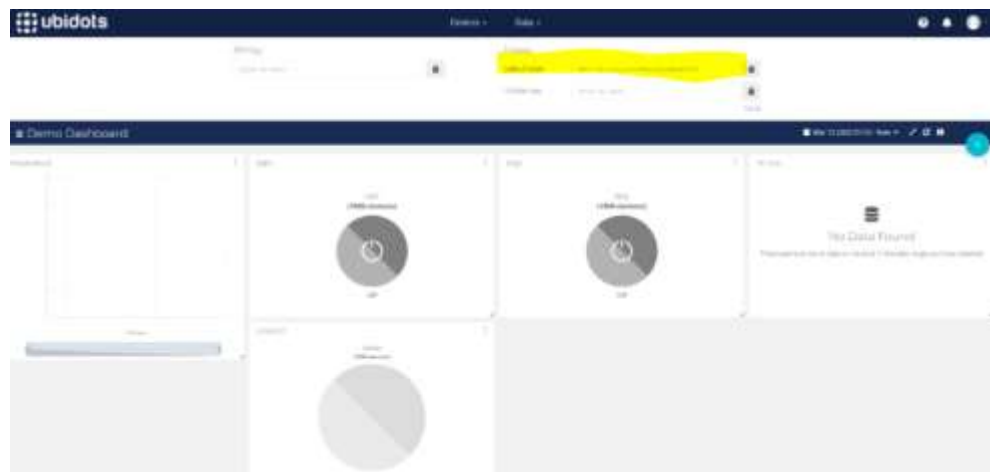


Figura 48 Código token generado desde la cuenta de Ubidots

## CAPÍTULO 4

### IMPLEMENTACIÓN, PUESTA EN MARCHA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Simulación CAD del layout de planta

En la Figura 49 se puede observar el proceso CAD realizado para facilitar la visualización de los equipos y entendimiento del flujo del proceso real. Es importante resaltar que los equipos al no ser adquiridos físicamente las medidas se hicieron de manera similar a las de su información publicada. El proceso inicia con el escaldado para el plátano verde y con el proceso de lavado para las yucas. A continuación, pasan a la etapa de pelado para luego seguir con la línea de pelado. Y luego con la etapa de corte y rebanado. El siguiente proceso es la freidora manual y luego viene el equipo de saborizantes y finalmente la etapa de empaquetado.

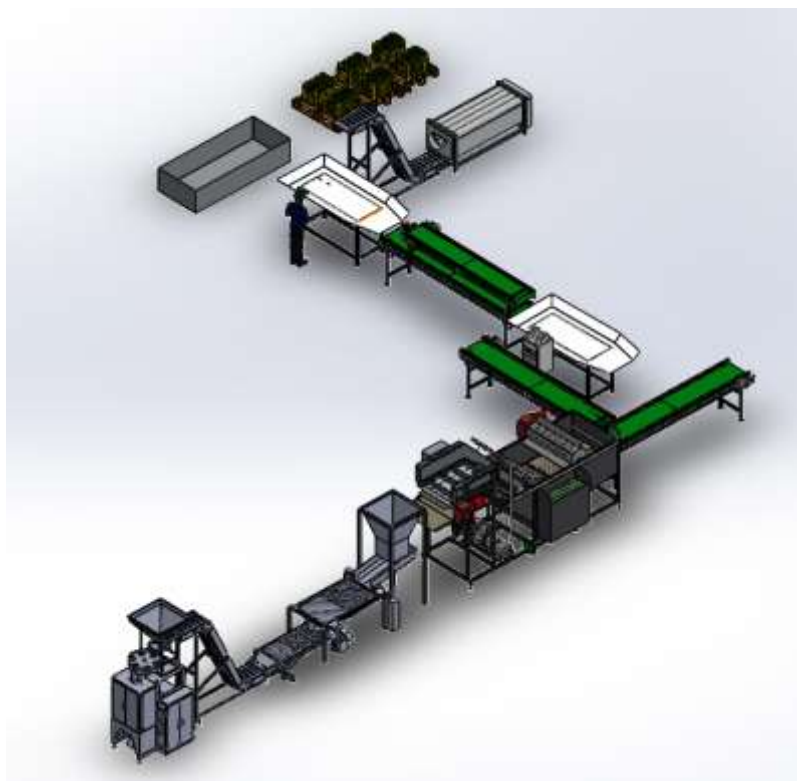
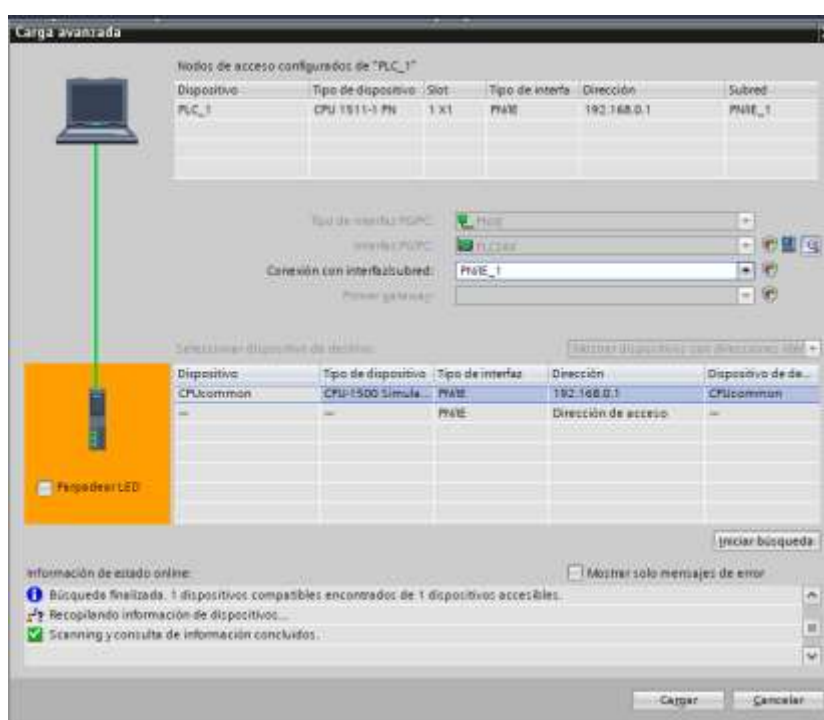


Figura 49 Simulación CAD del proceso diseñado

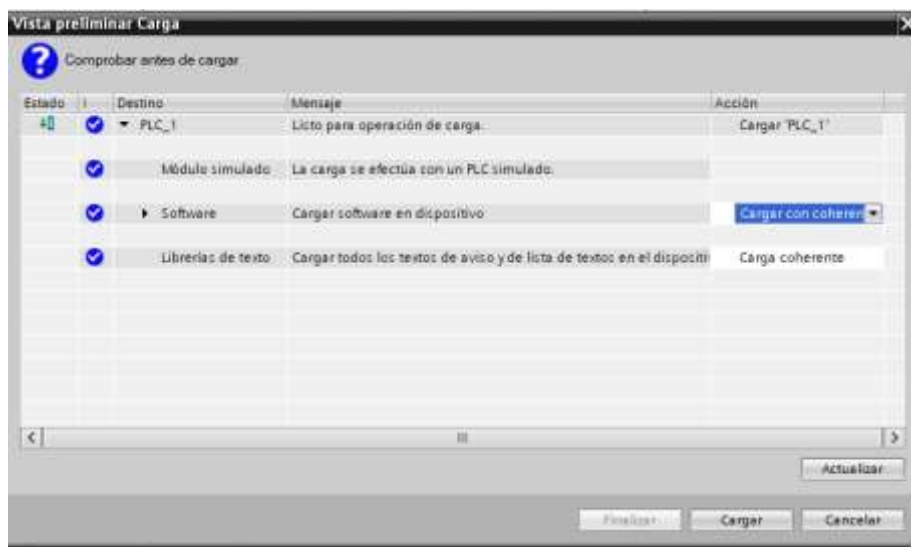
#### 4.2 Simulación de PLCs por etapas (Tia Portal e Indusoft)

Para conocer la programación entre TIA portal e Indusoft se necesita tener un medio de comunicación entre estos dos programas, en la figura 50 se observa el medio de comunicación del PLC SIM Advance para la respectiva simulación del PLC.



**Figura 50 Conexión del PLC Sim Advance**

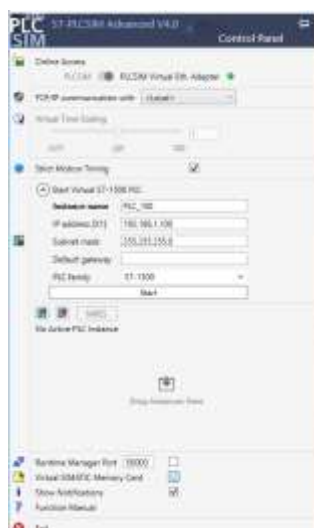
Carga del programa del PLC hacia el PLC SIM Advance para la comunicación de los bloques SFC y los bloque PID para los respectivos lazos de control.



**Figura 51 Vista preliminar de carga del programa al PLC**

- **Comunicación de Indusoft, PLC SIM Advance e IOT Ubidots**

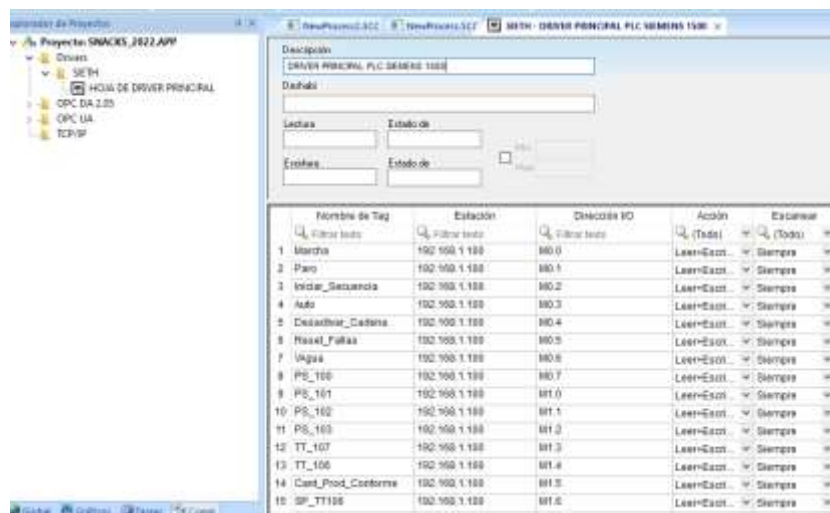
Uno de los programas de comunicación necesarios para este proyecto es el software PLCsim Advance el cual ayuda a crear un medio de comunicación en el que sirve para enlazar el programa Indusoft. En la Figura 52 se observa la configuración del PLCsim Advance en la cual se configura la IP local con la IP del PLC Sim.



**Figura 52 Configuración PLCSim Advance**

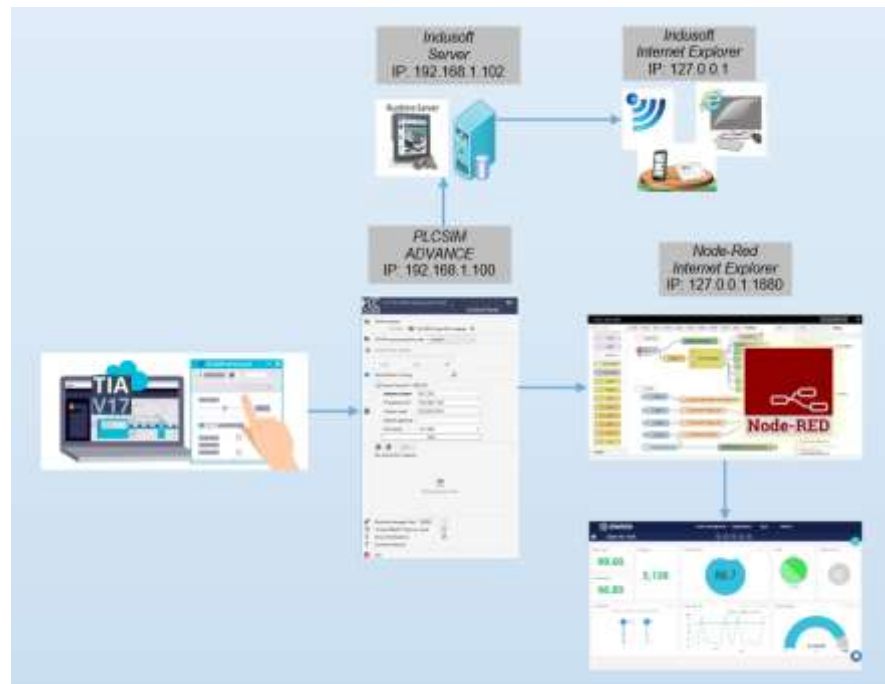


En la figura 53 se muestra que la comunicación esta lista para la simulación de los programas.



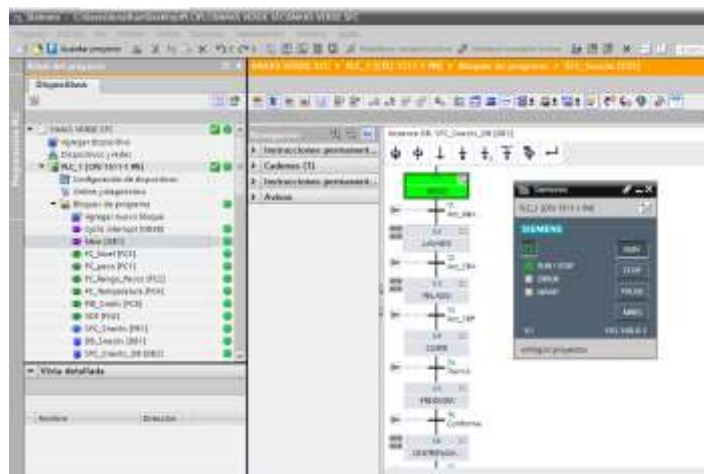
**Figura 53 Driver de Comunicación de Indusoft y PLCSIM**

En la figura 54 se puede observar la simulación entre el PLC de TiaPortal con el respectivo programa para Scada como lo es Indusoft. Para lograr tener una comunicación y realizar las simulaciones se necesita el programa PLCsim Advance que sirve para tener una comunicación entre el PLC y el Scada, adicional para enviar datos a la nube necesitamos Node-Red y Ubidots para la comunicación de la industria 4.0.



**Figura 54 Comunicación PLC con el SCADA y IOT**

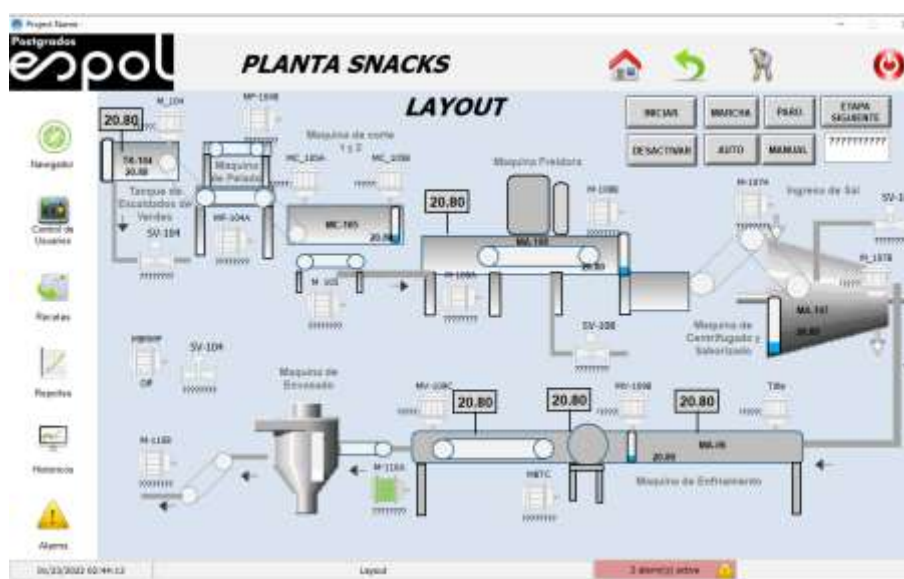
A continuación, en la figura 55 se muestra el PLC conectado con el PLCSim Advance y la etapa de simulación del programa cargado en el simulador para el manejo del proceso.



**Figura 55 PLC en Línea**

### 4.3 Simulación del SCADA

En esta pantalla se observa el control principal de toda la planta con sus respectivos equipos y lazos de control, esto permite tener una perspectiva más clara en el control de cada etapa del proceso y así ser más eficiente en el momento de la operación.

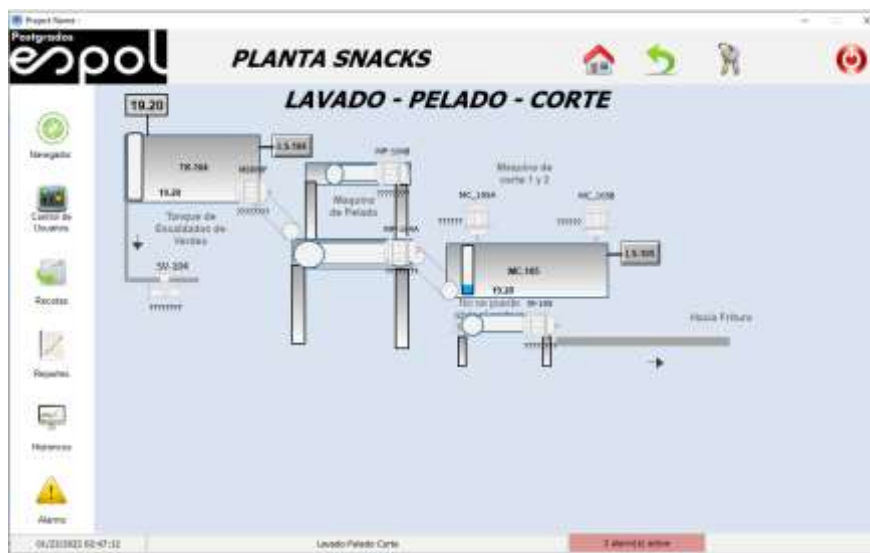


**Figura 56** Ventana principal del SCADA

Desglose de la operación en cada pantalla el proceso anterior se divide en dos etapas del proceso, en esta pantalla se encuentra desde el inicio de la alimentación del producto, en la que se desglosa lo siguiente en este proceso:

- Se utiliza personal para la alimentación de verdes o yucas en el tanque de escaldado
- El tanque de escaldado TK-104 se utiliza para que los verdes o yucas entre en un proceso con temperatura para que el pelado sea más práctico y fácil manejo de la materia prima.
- En la siguiente parte del proceso se observan dos bandas que son manejadas por operadores para el respectivo pelado de los verdes o yucas. Luego los verdes bien formados se las envía a la máquina de

corte 1 y 2. Las cuchillas son de acero inoxidable y están especialmente diseñadas para cortarlos de forma media.



**Figura 57 Ventana del SCADA para lavado y clasificado**

- La freidora continua es el corazón del proceso, ya que este equipo consta con un controlador de temperatura. La temperatura del aceite comestible debe ser alrededor de 180 °C; Cuando los verdes fritos se vuelven doradas y blandas.

- Lo siguiente es el centrifugado y saborizado. (Ver figura 58)



**Figura 58 HMI del SCADA para centrifugado y saborizado**

La siguiente pantalla se encuentra la parte final del proceso la cual se desglosa de la siguiente manera:

- El proceso de enfriamiento de los snacks se realiza en la máquina MA-109 es una parte necesaria en el procesamiento de los snacks de los verdes.
- Luego que son enfriados la última parte es enviarlo al envasado a través de una banda transportadora, los verdes fritos sazonados y enfriados se empaquetan en la máquina de envasado que tiene su propio controlador y manejo del mismo.



Figura 59 Proceso de enfriamiento y envasado

Como parte del sistema SCADA se implementó un sistema de alarmas es donde se indica los puntos más críticos del proceso alertándonos de cualquier eventualidad en cada etapa de la operación. Las ventanas de alarmas se muestran en las Figuras 60 y 61



Figura 60 Ventana de alarmas del Sistema SCADA



**Figura 61 Pantalla de tendencias del proceso**

Para la parte final y como elementos importantes para conocer las estadísticas del proceso de implemento una HMI que permite la generación de reportes.



**Figura 62 Ventana para generación de reportes**

#### 4.4 Presupuesto general del proyecto

En la tabla 18 se detalla los costos generales del proceso, esto incluye costos de los equipos más grandes de proceso. Es importante mencionar que para los equipos importados se debe aumentar entre un 15 a 20% dependiendo del país de origen y las políticas de importación actuales. En esta tabla no se contemplan costos de instrumentación y control.

**Tabla 18 Presupuesto general en equipos de planta**

ITEM	DESCRIPCIÓN	IMPORTADO	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	Máquina para lavado y pelado de yuca	SI	\$2,099.00	1	\$2,099.00
2	Banda transportadora tipo paletas	NO	\$3,500.00	2	\$7,000.00
3	Banda transportadora corte y rebanado	NO	\$3,000.00	1	\$3,000.00
4	Tolva perforada inox	NO	\$1,200.00	2	\$2,400.00



5	Máquina para corte y rebanado	SI	\$1,500.00	4	\$6,000.00
6	Equipo para fritura contino	SI	\$30,000.00	1	\$30,000.00
7	Equipo saborizado en línea continua	SI	\$2,000.00	2	\$4,000.00
8	Equipos para enfriamiento	SI	\$3,000.00	1	\$3,000.00
9	Equipos para empaquetado	SI	\$7,200.00	1	\$7,200.00
10	Marmita inoxidable 500 litros	NO	\$8,000.00	1	\$8,000.00
					\$72,699.00
			TOTAL		\$83,603.85
			TOTAL, con el 15%		

## CONCLUSIONES

- Se diseño un sistema automatizado para una línea de producción de snacks fritos tipo chips de yuca y plátano verde, dos de los productos de mayor aceptación en mercados extranjeros, se investigó y se seleccionó la maquinaria necesaria para mantener una velocidad de línea de 100 a 250 Kg/h, se pudo constatar las posibles interacciones físicas entre estos equipos mediante la ayuda de un software CAD para entender de forma más real el proceso.
- Al sistema de automatización se realizó la simulación del flujo de proceso mediante Tia Portal empleando un PLC 1500 mediante programación SFC, aplicando la normativa IEC61131, esta simulación del proceso se logró monitorear y controlar desde el sistema SCADA implementado en software Indusoft Web Studio, dándole adicionalmente la opción de llevar y recibir datos desde un servidor web.

- Se realizó con éxitos pruebas simuladas del funcionamiento de la relación entre el PLC y el sistema SCADA, así como visualización de alarmas, tendencias del proceso y la generación de alarmas.
- Se desarrollo un sistema Scada con Indusoft y el acceso a la nube o IoT se realizó desde el PLC hacía Node Red. Indusoft facilita la realización de pantallas en internet Explorer y lograr comunicarnos en una red intranet y mientras el programa Node Red y la nube Ubidots permiten la comunicación a la nube y así se logró interactuar y obtener datos desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

## **RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

- Existe una gran diferencia de costos entre máquinas de procedencia europea y máquinas de procedencia china, de la investigación de cambio realizada se puedo comprobar que no existen máquinas reconocidas de fabricación local, a pesar de que el país es uno de los principales exportadores de estos productos en la región. Existe una oportunidad de mercado para el desarrollo de este tipo de equipos a nivel nacional con prospectivas a la exportación sobre todo dentro de la región andina.
- En el caso de que este trabajo sea empleado como una guía para la realización de un proyecto real, será necesario realizar un análisis cual es el tipo de combustible más rentable para la freidora continua ya que como se analizó existen cocinas eléctricas, a gas y a diesel.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. S. Vaca Mora y S. X. Ortiz Ledesma, «Tesis, Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil,» 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/38833>.
- [2] C. R. Vásquez Falcony y G. F. Aguirre Acosta, «Tesis, Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7979>.
- [3] J. L. Guadalupe Almeida y K. C. Contreras Paredes, «Tesis, Repositorio Universidad Técnica Estatal de Quevedo,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3773>.
- [4] A. B. Álava Bravo, «Tesis, Repositorio Universidad Politécnica Salesian,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13073>.
- [5] F. D. MORALES ARÉVALO, «AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPAS FRITAS DE LA EMPRESA COFICA EXPORT S. A.,» 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2071>. [Último acceso: 2021].
- [6] L. R. Orellana Ochoa y A. I. Balladares Oviedo, «Diseño e implementación de un sistema de control para el proceso de empaque de snacks en la planta alimentos yupi Ecuador utilizando autómatas programables,» Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana, 2018. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15839>. [Último acceso: 2021].
- [7] PRO ECUADOR, «Perfil sectorial de snacks de sal gourmet,» Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2014. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/45758242-Perfil-sectorial-de-snacks-de-sal-gourmet.html>. [Último acceso: 2021].
- [8] W. Flores del Valle, «Manual Técnico para el Procesamiento,» Bioversity International, 2013. [En línea]. Available: [http://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN140287\\_spa.pdf&id=15226](http://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN140287_spa.pdf&id=15226). [Último acceso: 2021].
- [9] Valenzo, «Freidora industrial ST4 maxi,» Valenzo, 2021. [En línea]. Available: <https://www.freidoracontinua.com/freidora-industrial-st4-maxi>. [Último acceso: 2021].

- [10] ECUAPACK, «Envasadora automática con multicabezal de 10 balanzas - "All in one",» 2021. [En línea]. Available: <https://www.ecuapack.com/All-in-one-ensavadora-automatica-con-multicabezal-de-10-balanzas>. [Último acceso: 2021].
- [11] C. G. Amaya, «We live security,» 25 01 2013. [En línea]. Available: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2013/01/25/criticos-sistemas-scada/>. [Último acceso: 27 03 2021].
- [12] J. Romagosa Cabús., D. Gallego Navarrete y R. Pacheco Porras., «Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial,» 2004. [En línea]. Available: [http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2013-08-04\\_08-34-0840201-3452.pdf](http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2013-08-04_08-34-0840201-3452.pdf).
- [13] LOGICBUS, 2020. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/indusoft.php>.
- [14] F. Mateos Martín, «Autómatas Programables Introducción al Estándar IEC-61131,» Universidad de Oviedo, 2006. [En línea]. Available: <http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/Pres%20IEC%2061131.pdf>. [Último acceso: 2021].
- [15] G. Duranso, «High-Performance HMI,» REALPARS, diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://realpars.com/high-performance-hmi/>. [Último acceso: 2021].
- [16] J. G. Correa Abril, «Repositorio Universidad Central del Ecuador,» Diseño de una planta de producción de harina de plátano verde dominicano mediante secado por asperción, 2018. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17293/1/T-UCE-0017-IQU-026.pdf>.
- [17] W. G. Haro Araujo, «Universidad Técnica de Cotopaxi,» “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA EL PELADO DE PLÁTANO VERDE EN EL EMPRENDIMIENTO DE UN NEGOCIO” , 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6832/1/T-001541.pdf>. [Último acceso: 2021].
- [18] ALIBABA, «Pequeña Escala mandioca máquina de procesamiento de mandioca máquina de pelar de yuca peeler y lavadora,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/small-scale-cassava-processing-machine-cassava-peeling-machine-cassava-peeler-and-washer-60840473550.html?spm=a2700.details.maylikeexp.2.88c35224nIN46d>.
- [19] TENRIT , «TENRIT SOLO Y,» [En línea]. Available: <https://www.tenrit.com/es/detalles/tenrit-solo-y.html>.

- [20] ALIBABA, «Comercial de yuca fresca máquina peladora de mandioca máquina peladora de yuca planta de procesamiento,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/commercial-fresh-cassava-peeling-machine-cassava-peeling-machine-for-cassava-processing-plant-1600112057331.html>. [Último acceso: 2021].
- [21] ALIBABA, «GELGOOG Equipment-Máquina cortadora de Chips de plátano filipino, rebanadora de Chips de plátano y zanahoria,» [En línea]. Available: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/gelgoog-equipment-philippine-banana-chips-slicing-carrot-plantain-chips-slicer-machine-60057337675.html?spm=a2700.7724857.normal\\_offer.d\\_image.30681affde9F4S](https://spanish.alibaba.com/product-detail/gelgoog-equipment-philippine-banana-chips-slicing-carrot-plantain-chips-slicer-machine-60057337675.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.30681affde9F4S). [Último acceso: 2021].
- [22] ALIBABA, «Máquina rebanadora de plátano, rebanadora de chips de plátano, máquina cortadora de chips de plátano filipino,» [En línea]. Available: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/banana-slicing-machine-banana-chips-slicer-philippine-banana-chips-slicing-machine-60849906404.html?spm=a2700.7724857.normal\\_offer.d\\_image.30681affde9F4S](https://spanish.alibaba.com/product-detail/banana-slicing-machine-banana-chips-slicer-philippine-banana-chips-slicing-machine-60849906404.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.30681affde9F4S). [Último acceso: 2021].
- [23] INCALFER, «Cortadora de plátanos MPA,» [En línea]. Available: <https://incalfer.com/cortadora-de-platanos-mpa/>.
- [24] INHOSPAN, «FREIDORAS EN CONTINUO, DE CADENA O TREN DE FRITO,» [En línea]. Available: <https://www.inhospan.com/15-27-catego-freidoras-en-continuo-de-cadena-o-tren-de-frito.html>. [Último acceso: 2021].
- [25] INCALFER, «Tambor saborizador rotativo,» [En línea]. Available: <https://incalfer.com/tambor-saborizador-rotativo/>. [Último acceso: 2021].
- [26] ALIBABA, «condimento de tambor rotativo sabores estabilizador de alimentación máquina de recubrimiento,» [En línea]. Available: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/food-industrial-seasoning-rotary-drum-flavors-spreader-feeding-coating-machine-62180827345.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.598436afRJMa fi](https://spanish.alibaba.com/product-detail/food-industrial-seasoning-rotary-drum-flavors-spreader-feeding-coating-machine-62180827345.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.598436afRJMa fi). [Último acceso: 2021].
- [27] ALIBABA, «Gelgoog GG-300 automático tambor comida Chips de plátano saborizante de la máquina,» [En línea]. Available: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/gelgoog-gg-300-automatic-drum-snack-food-banana-chips-flavoring-machine-60841775305.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.1cfe2213b47Hg3](https://spanish.alibaba.com/product-detail/gelgoog-gg-300-automatic-drum-snack-food-banana-chips-flavoring-machine-60841775305.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.1cfe2213b47Hg3). [Último acceso: 2021].

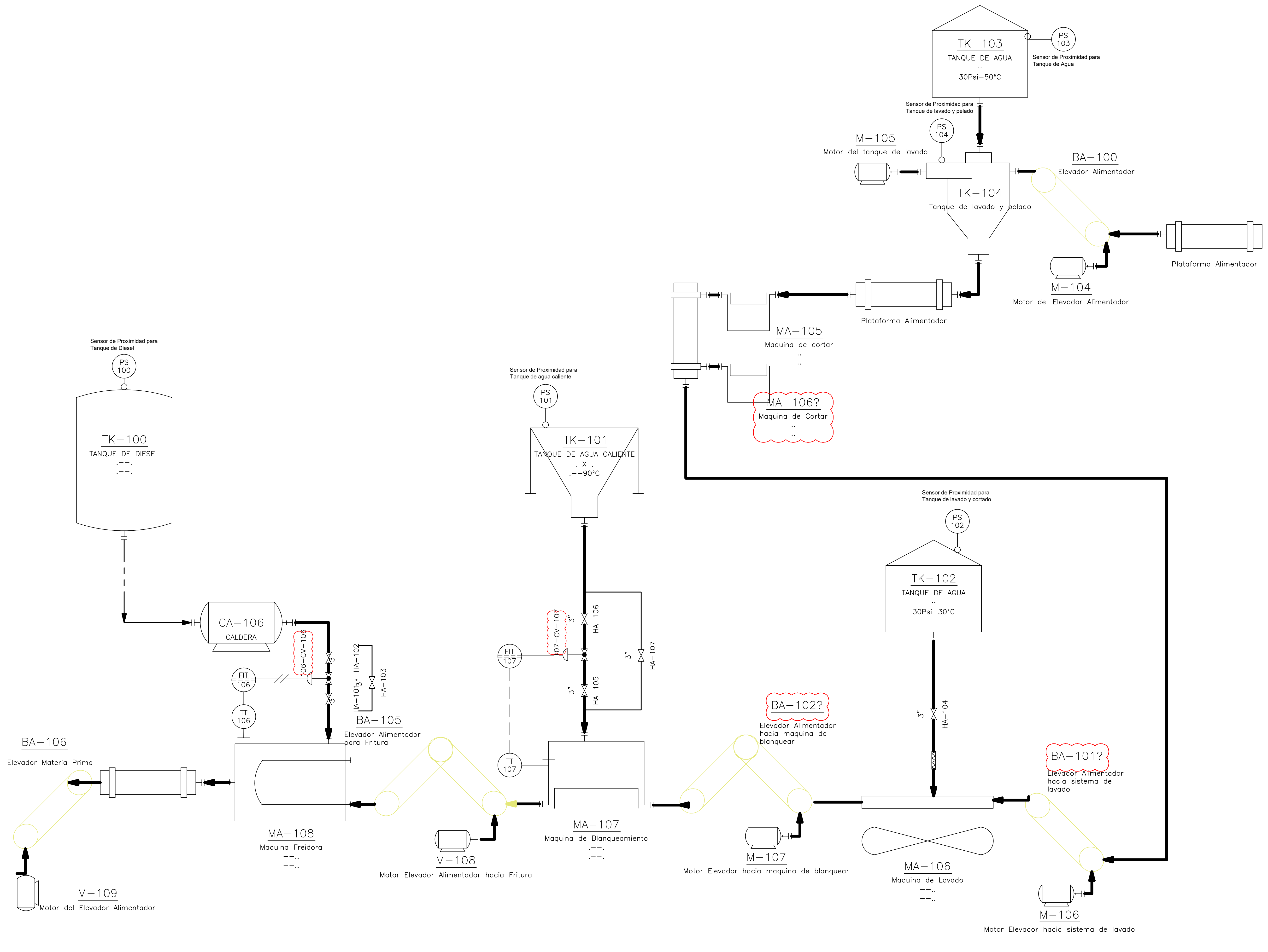
- [28] INCALFER, «Enfriador de cinta,» [En línea]. Available: <https://incalfer.com/enfriador-de-cinta/>. [Último acceso: 2021].
- [29] HIWELL, «Cinta transportadora con refrigeración,» [En línea]. Available: <http://www.foodmachine-es.com/1-8-3-cooling-conveyor.html>.
- [30] ALIBABA, «Sistema de cinta transportadora de secado y enfriamiento por aire,» [En línea]. Available: [nd-cooling-conveyor-belt-system-manufacturer-60391903319.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.7a467b99c2jtQ](https://www.alibaba.com/showroom/nd-cooling-conveyor-belt-system-manufacturer-60391903319.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.7a467b99c2jtQ). [Último acceso: 2021].
- [31] ALIBABA, «Máquina de embalaje para snacks, máquina automática Vertical para hacer bolsas, Chips de Crisps,» [En línea]. Available: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/automatic-bag-making-vertical-chanachur-crisps-chips-snack-packing-machine-60702214055.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.54a1774cV669gn&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/automatic-bag-making-vertical-chanachur-crisps-chips-snack-packing-machine-60702214055.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.54a1774cV669gn&s=p). [Último acceso: 2021].
- [32] ALIBABA, «Máquina de embalaje automática de patatas fritas para aperitivos y plátano, precio,» [En línea]. Available: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/automatic-banana-snack-potato-chips-packing-machine-price-62581109166.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.15a64f4aQbrJlc&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/automatic-banana-snack-potato-chips-packing-machine-price-62581109166.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.15a64f4aQbrJlc&s=p). [Último acceso: 2021].
- [33] IFM, «Transmisor de temperatura con pantalla TD2231,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.ifm.com/es/es/product/TD2231>.
- [34] IFM, «Transmisor de temperatura TA2531,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.ifm.com/es/es/product/TA2531>.
- [35] IFM, «Transmisor de temperatura TA3597,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.ifm.com/es/es/product/TA3597>.
- [36] Endress + Hauser, «Medición por radar,» Medición de nivel de líquidos y sólidos en todas las industrias, 2022. [En línea]. Available: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-radar-aguas?t.tabId=product-specification>.
- [37] ALIBABA, «Máquina cortadora eléctrica automática para hacer tomates, naranja, plátano, cebolla,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/automatic-electric-orange-tomato-banana-onion-slicer-making-cutting-slicing-machine->

60842215383.html?spm=a2700.7724857.normal\_offer.d\_image.30681affde9F4S&s=p. [Último acceso: 2021].

## **ANEXOS**



ANEXO 1  
DIAGRAMA P&ID



General Notes

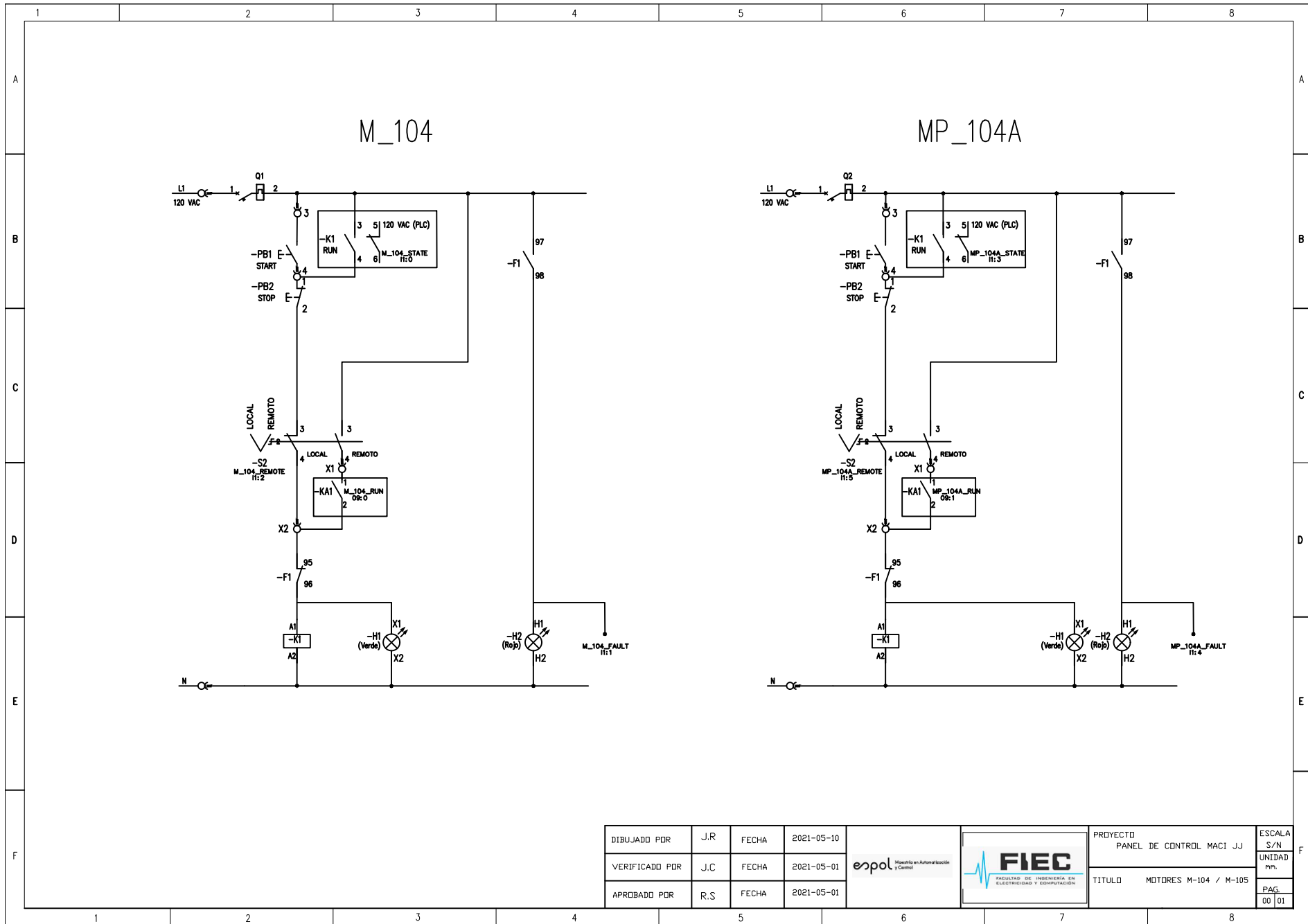
No.	Revision/Issue	Date

Drawing Name: PID SNACKS

Project Name and Address: MACI, Santo Domingo, Snacks, PID 01

Area: Mantenimiento	Stamp
Drawing Number: 01	
Author: Jonathan Corella, Jonathon Reyes	

ANEXO 2  
PLANOS DE CONTROL Y FUERZA

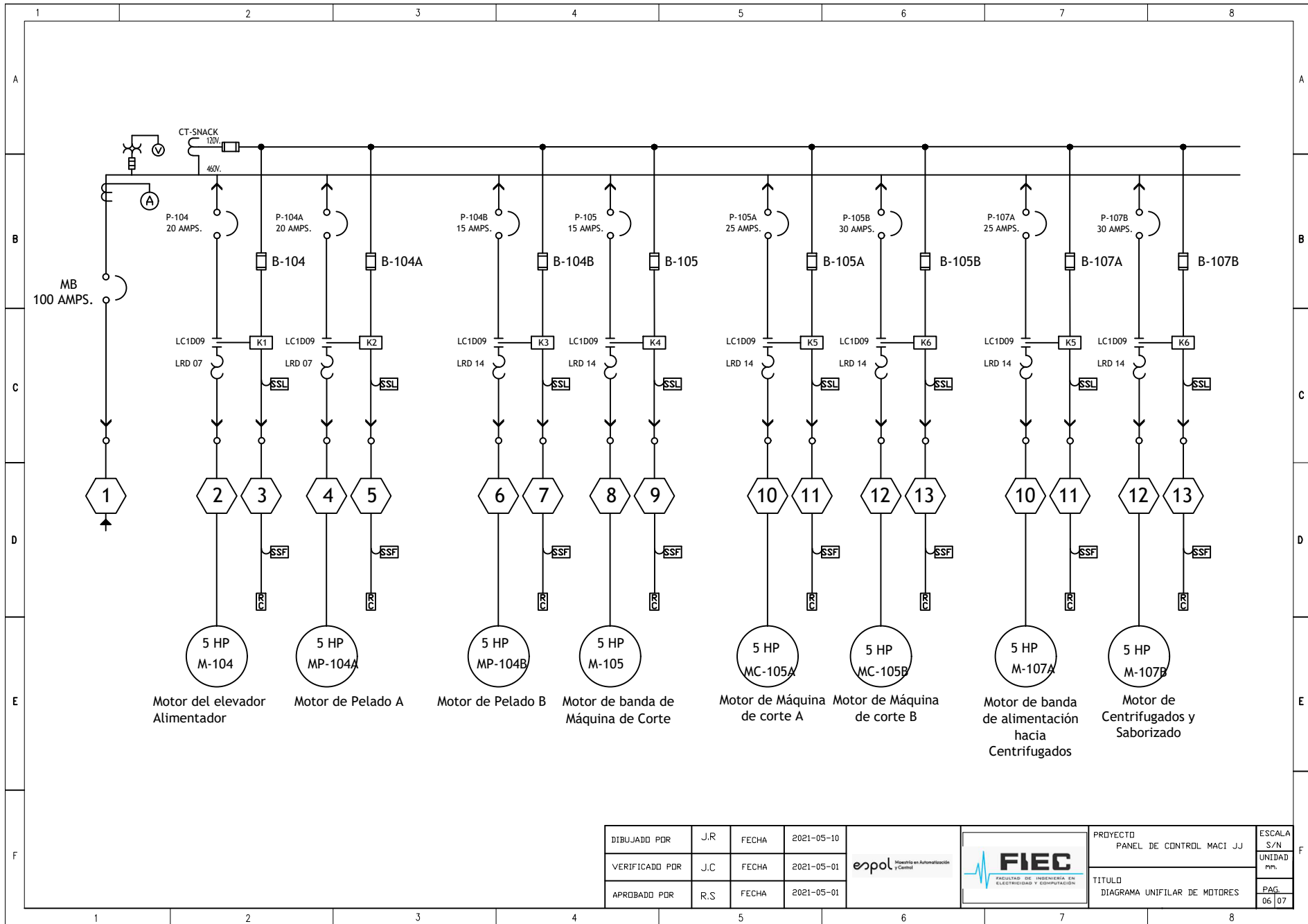


DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01



PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ
TÍTULO	MOTORES M-104 / M-105

ESCALA	S/N
UNIDAD	mm.
PAG.	00 01



Motor del elevador Alimentador

Motor de Pelado A

Motor de Pelado B

Motor de banda de Máquina de Corte

Motor de Máquina de corte A

Motor de Máquina de corte B

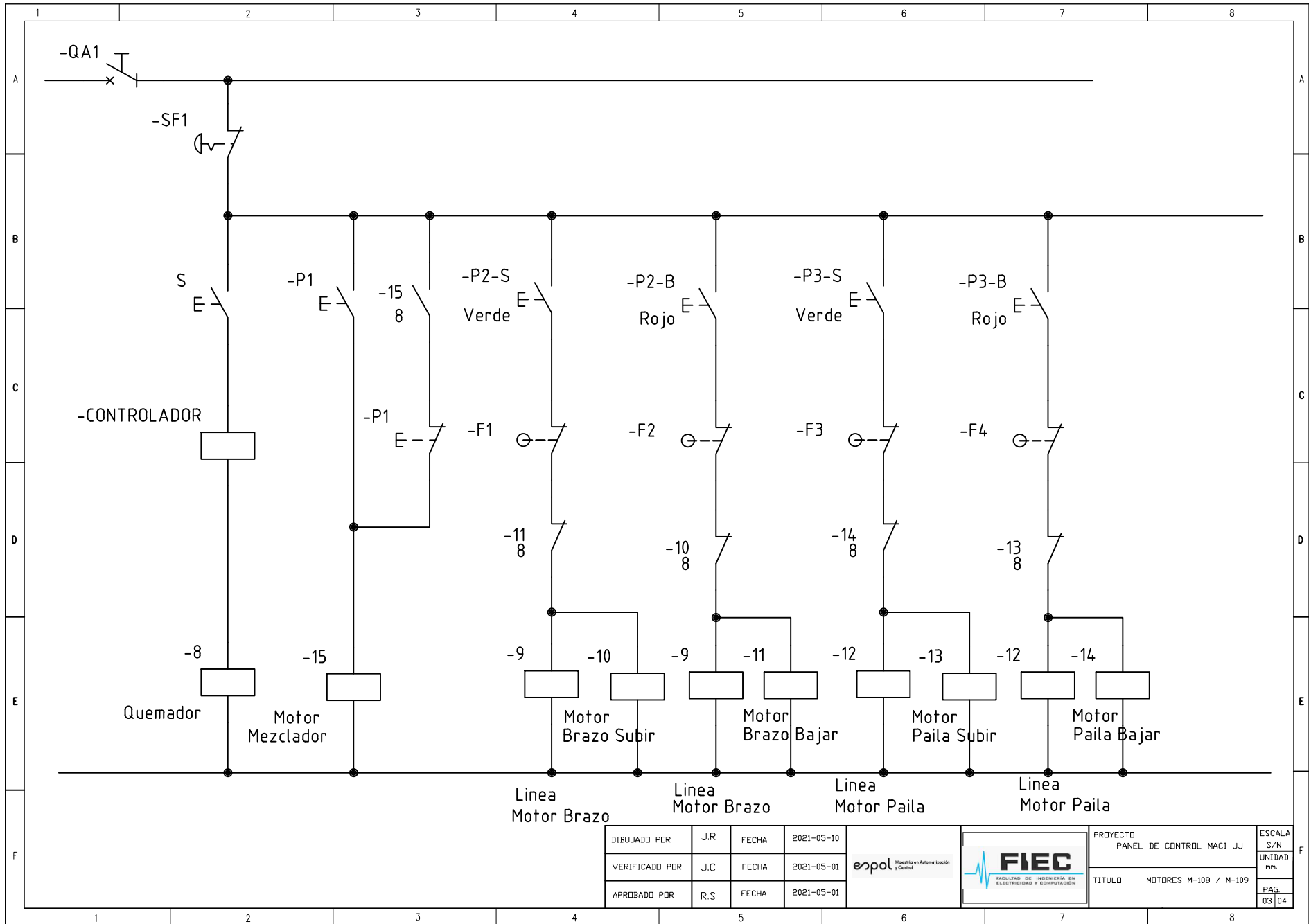
Motor de banda de alimentación hacia Centrifugados

Motor de Centrifugados y Saborizado

DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01



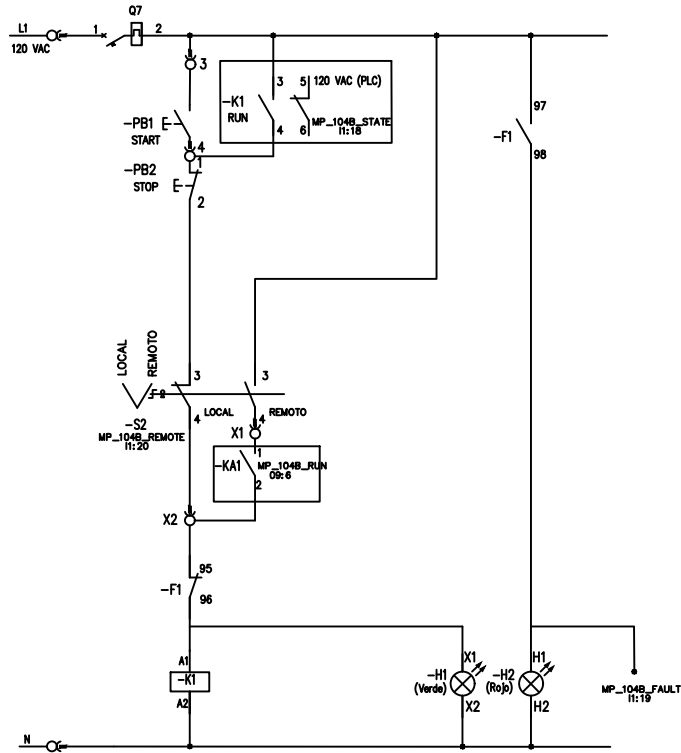
PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ	ESCALA	S/N
TÍTULO	DIAGRAMA UNIFILAR DE MOTORES	UNIDAD	mm.
		PAG.	06 / 07



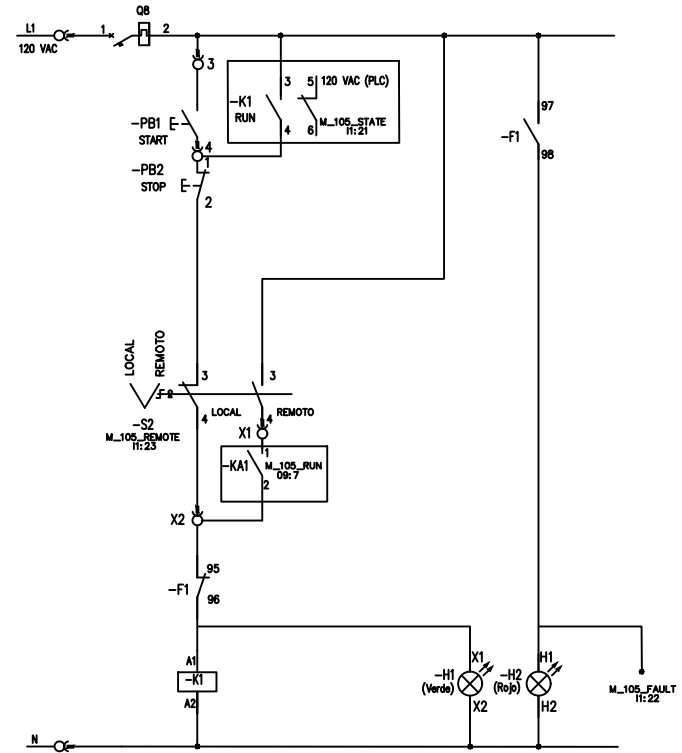
DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01

PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ	ESCALA	S/N
TÍTULO	MOTORES M-108 / M-109	UNIDAD	mm.
		PAG.	03 / 04

# MP\_104B



# M\_105



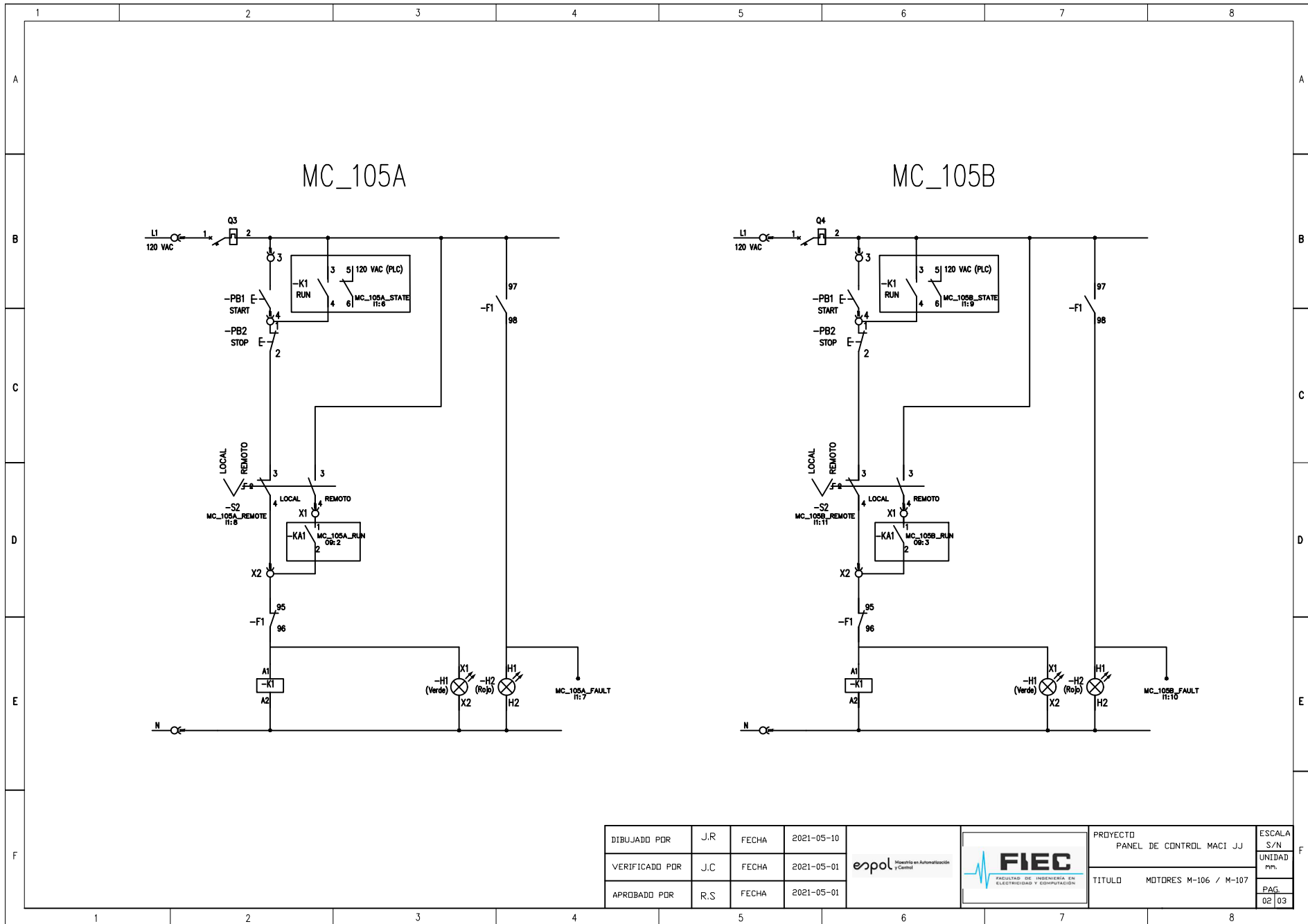
DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01

espol Escuela en Automatización y Control



PROYECTO  
PANEL DE CONTROL MACI JJ  
TITULO MOTORES MC-105 / MC-106

ESCALA	S/N
UNIDAD	mm.
PAG.	01 / 02



DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01

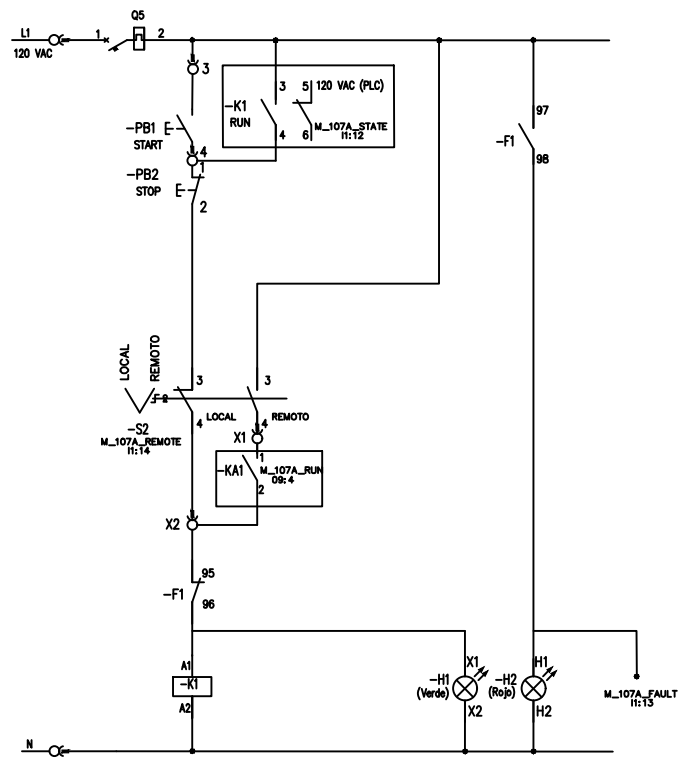


PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ
TÍTULO	MOTORES M-106 / M-107

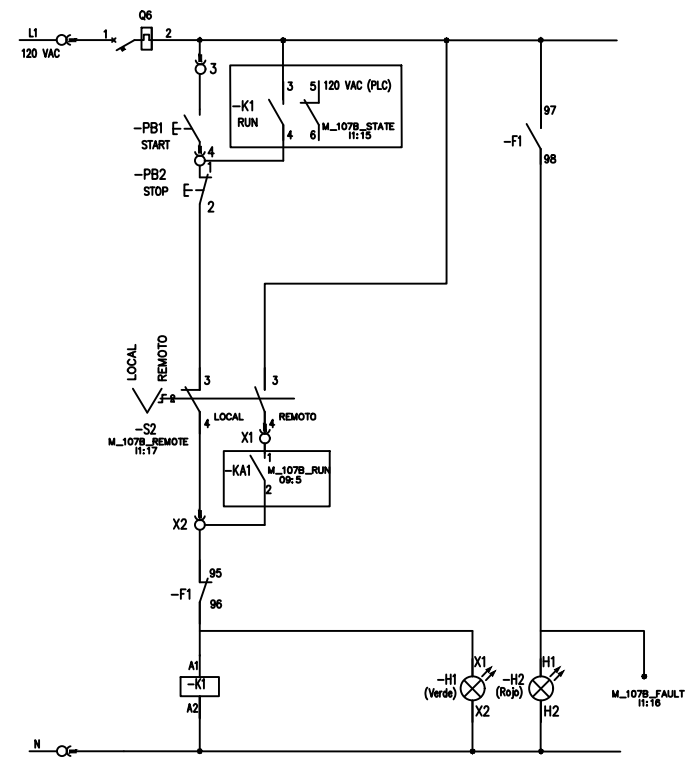
ESCALA	S/N
UNIDAD	mm.
PAG.	02 / 03



# M\_107A



# M\_107B



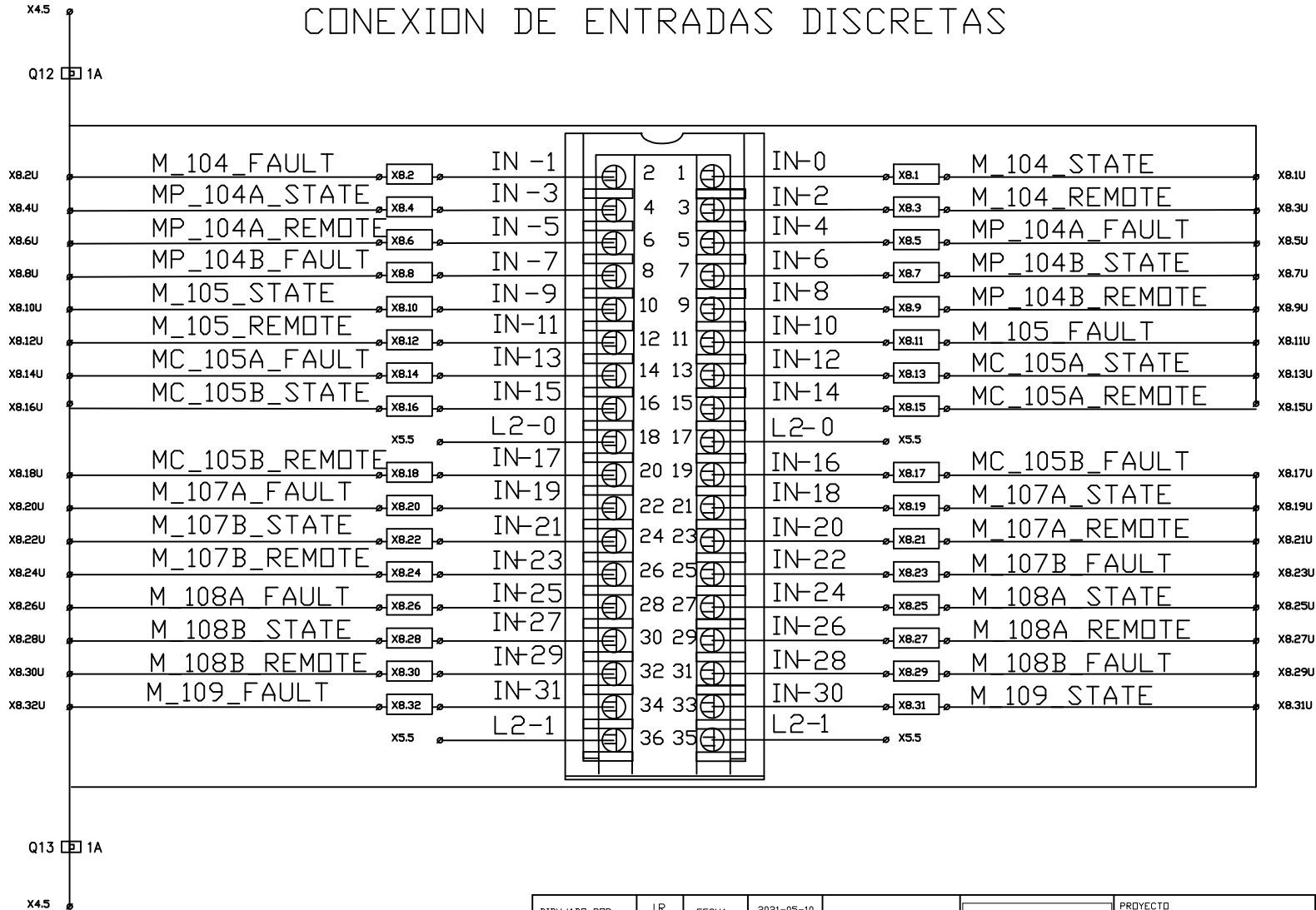
DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01



PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ
TÍTULO	MOTORES M-108 / M-109

ESCALA	S/N
UNIDAD	mm.
PAG.	03 / 04

# CONEXION DE ENTRADAS DISCRETAS



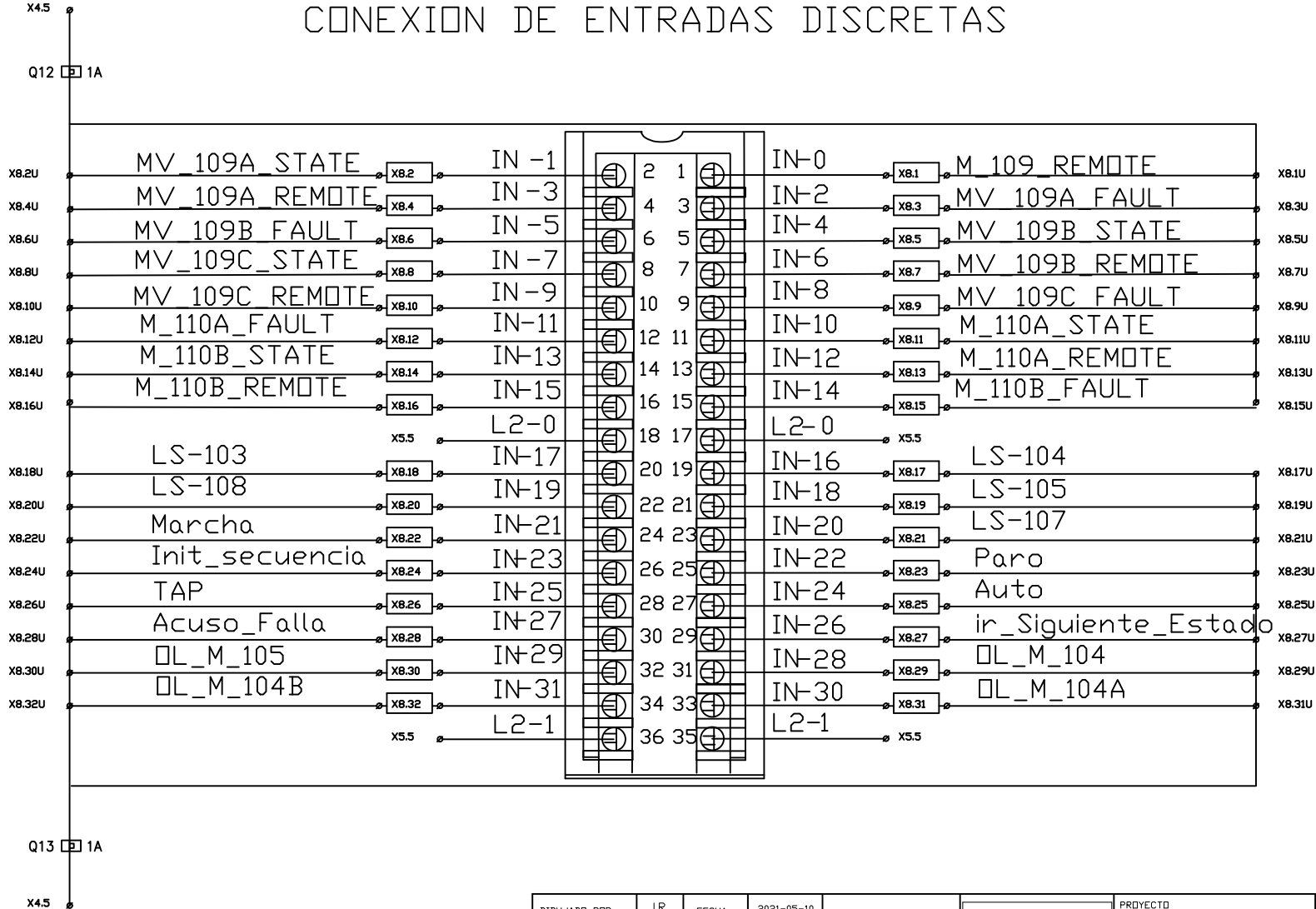
DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01



PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ
TITULO	CONEXION DE ENTRADAS DISCRETAS

ESCALA	S/N
UNIDAD	mm.
PAG.	04
	05

# CONEXION DE ENTRADAS DISCRETAS

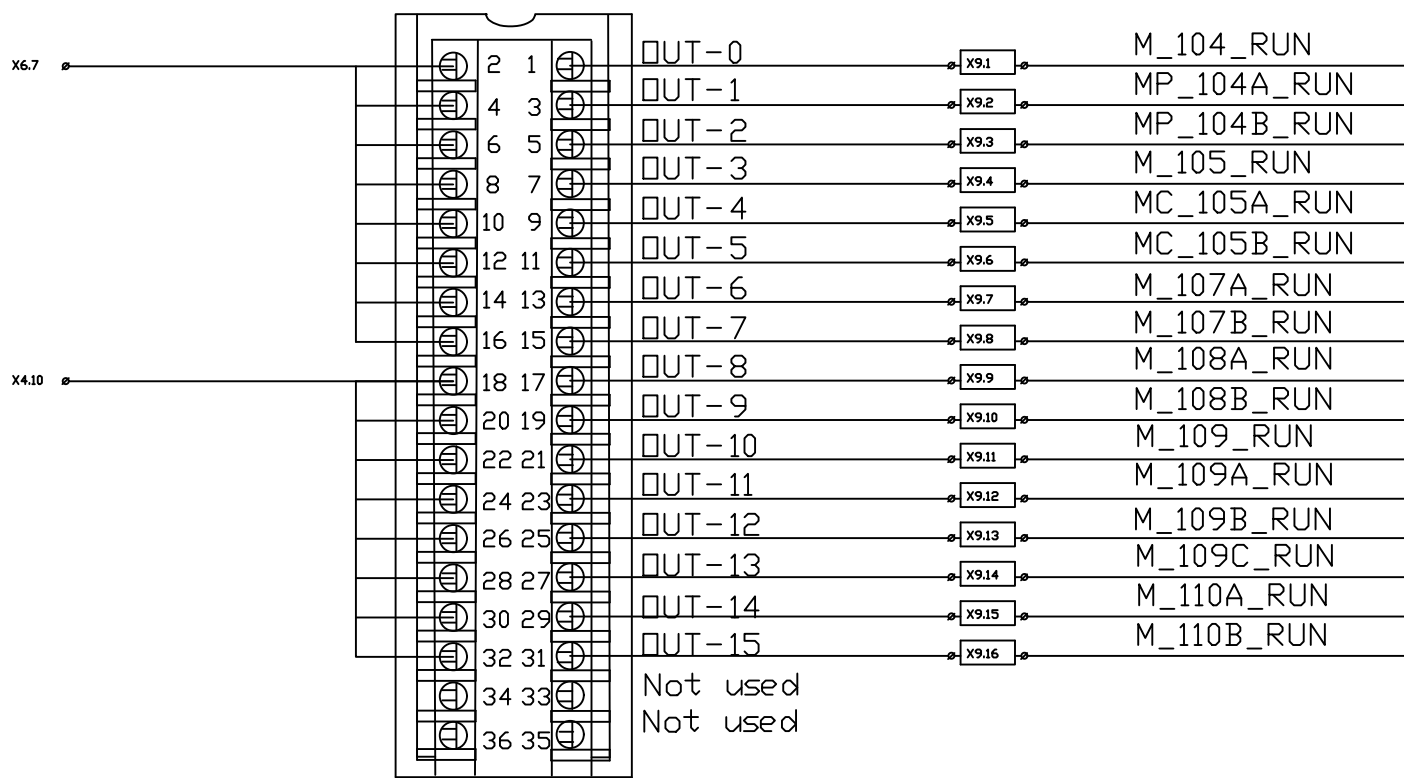


DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01



PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ	ESCALA	S/N
TITULO	CONEXION DE ENTRADAS DISCRETAS	UNIDAD	mm.
PAG.	05		06

# CONEXION DE SALIDAS DISCRETAS

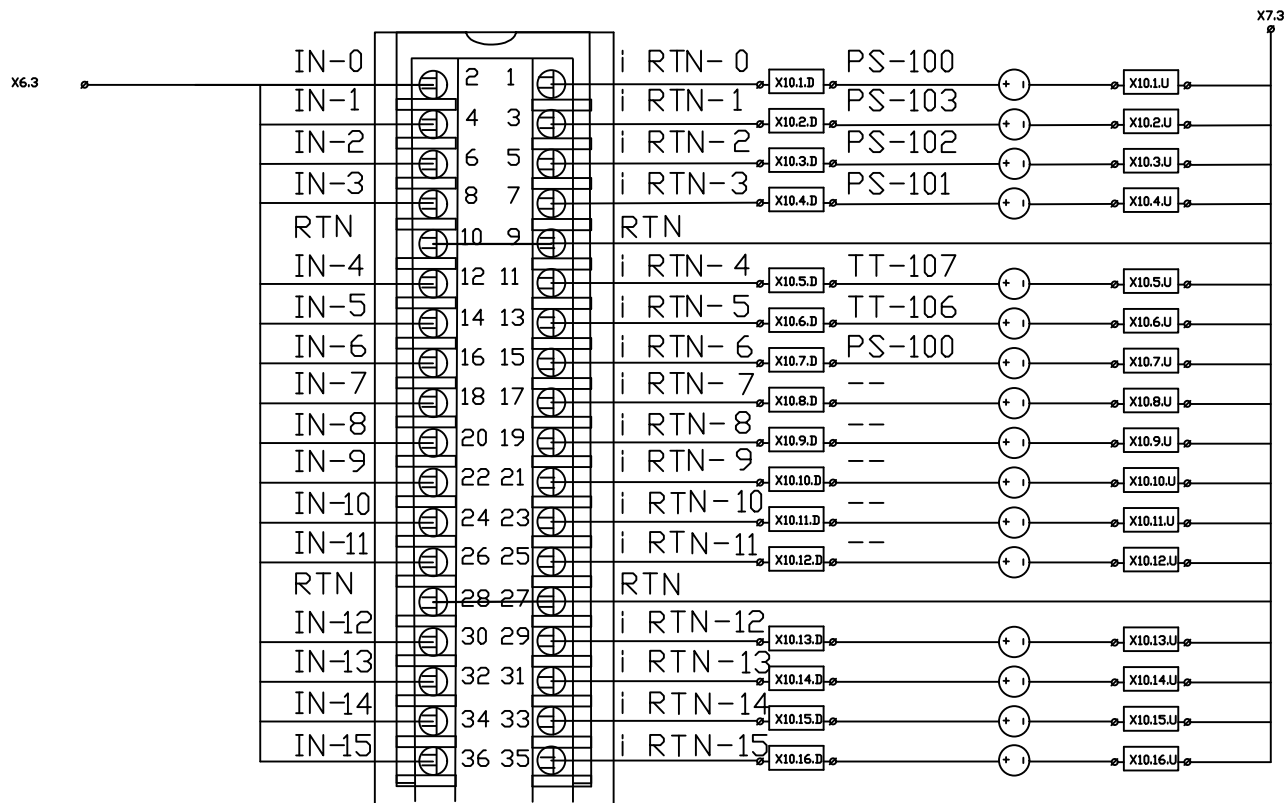


DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01



PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ	ESCALA	S/N
TITULO	CONEXIÓN DE SALIDAS DISCRETAS	UNIDAD	m.
		PAG.	06
			07

# CONEXION DE ENTRADAS ANALOGAS



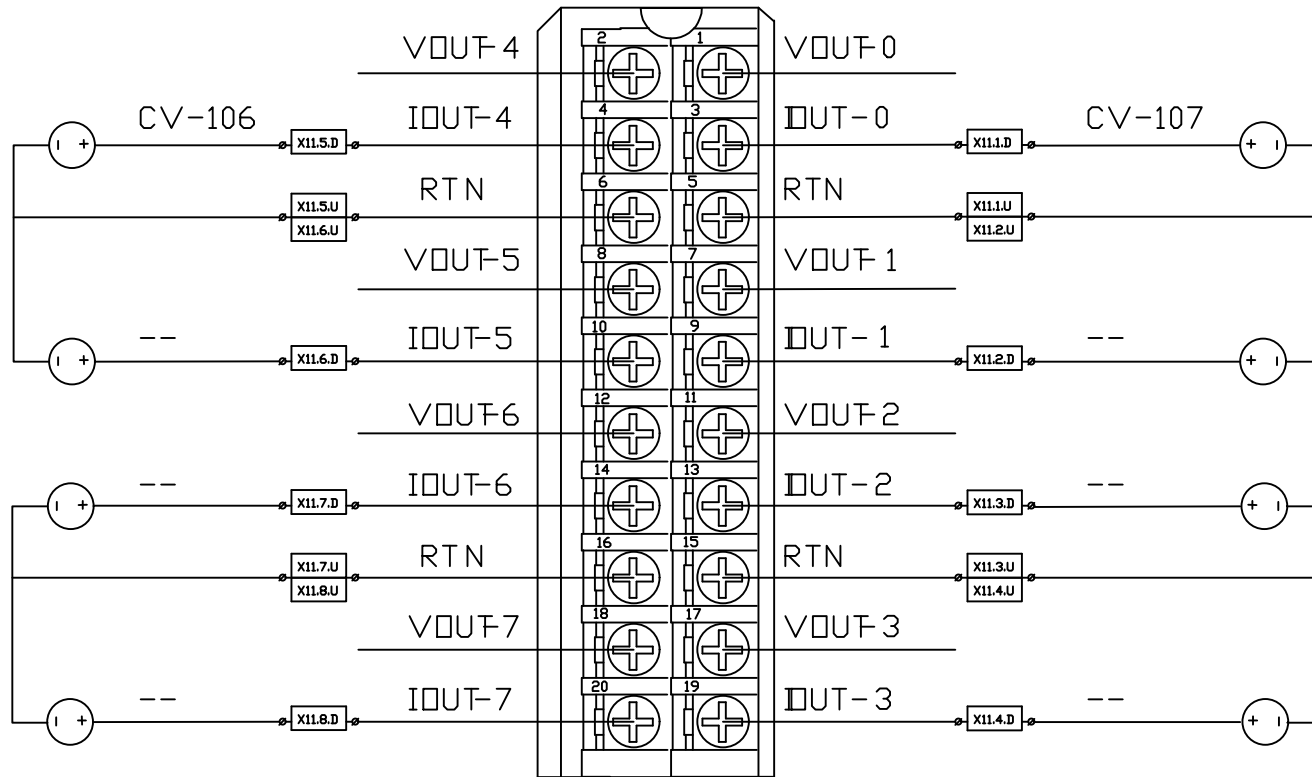
DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01



PROYECTO	PANEL DE CONTROL MACI JJ
TITULO	CONEXION DE ENTRADAS ANALOGAS

ESCALA	S/N
UNIDAD	mm.
PAG.	07
	08

# CONEXION DE SALIDAS ANALOGAS



DIBUJADO POR	J.R	FECHA	2021-05-10
VERIFICADO POR	J.C	FECHA	2021-05-01
APROBADO POR	R.S	FECHA	2021-05-01

espol Escuela de Ingeniería en Electrónica y Control

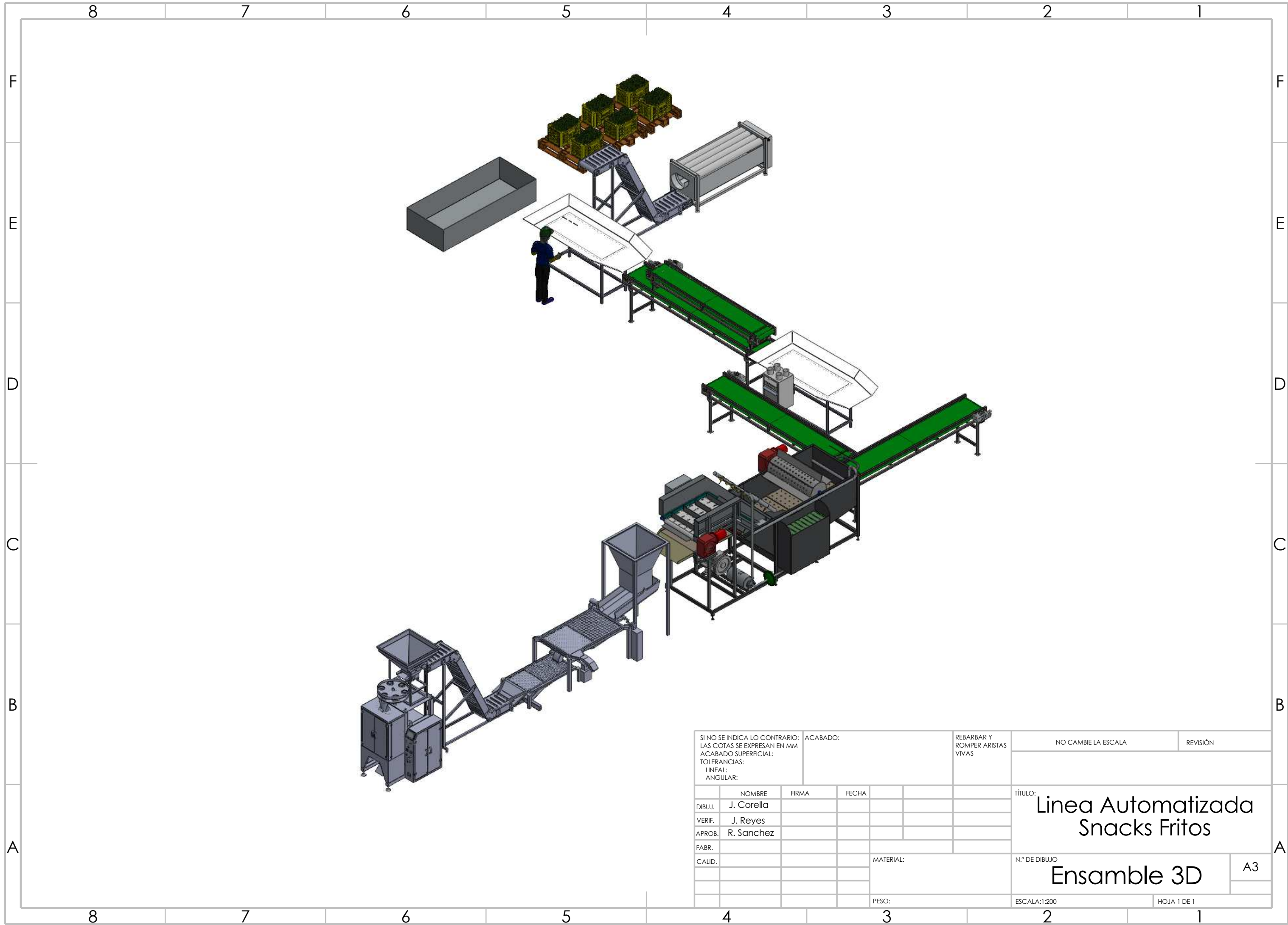


PROYECTO  
PANEL DE CONTROL MACI JJ

TITULO  
CONEXIÓN DE SALIDAS ANALOGAS

ESCALA  
S/N  
UNIDAD  
mm.

PAG  
08 09



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO: <b>Linea Automatizada Snacks Fritos</b>	
DIBUJ. J. Corella				N.º DE DIBUJO	A3
VERIF. J. Reyes				<b>Ensamble 3D</b>	
APROB. R. Sanchez				ESCALA:1:200	HOJA 1 DE 1
FABR.			MATERIAL:		
CALID.			PESO:		