



# UNIAGRARIA

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

**LA U VERDE DE COLOMBIA**

Institución Universitaria Personería Jurídica N° 2599-86 M.E.N.

Bogotá  
Calle 170 N° 54A - 10  
Línea de atención  
PBX: 601 667 1515

Facatativá  
Carrera 2 N° 4 - 21  
Líneas de atención  
601 890 07 37 - 601 890 07 32

[www.uniagraria.edu.co](http://www.uniagraria.edu.co)

[informes@uniagraria.edu.co](mailto:informes@uniagraria.edu.co)

# DESARROLLO DE SISTEMA AUTOMATIZADO CON HMI Y PLC PARA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE YOGUR EN ALAJUELA, COSTA RICA

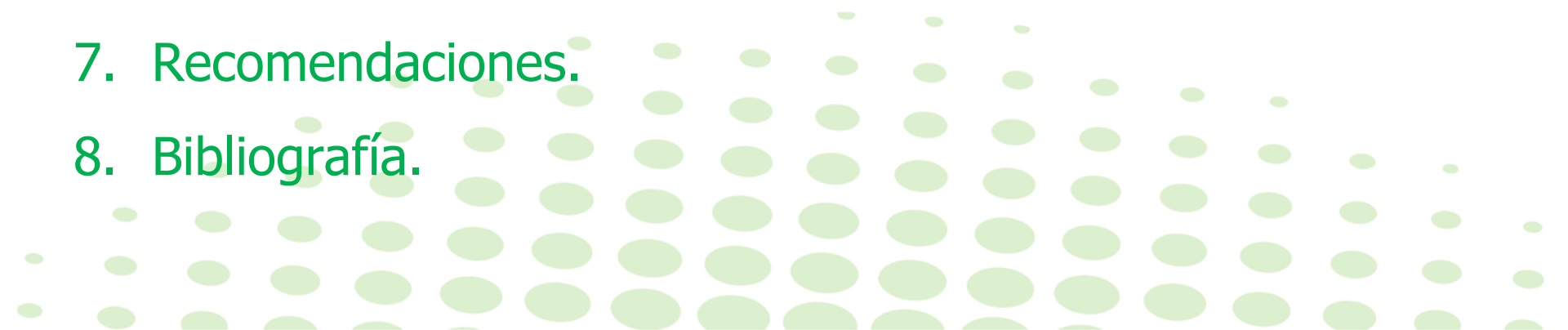
ALI HAZZIR AMAYA TORRES

DIRECTOR: ING. JOHN MONZAIDE ALVAREZ CELY

FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECATRÓNICA

2024

# Contenido

1. Problema y justificación.
  2. Objetivos.
  3. Marco referencial.
  4. Diseño metodológico.
  5. Resultados.
  6. Conclusiones.
  7. Recomendaciones.
  8. Bibliografía.
- 



# Problema y Justificación.

# Planteamiento del Problema



Los procesos manuales presentan desafíos importantes debido a la susceptibilidad de la leche a la contaminación y variaciones ambientales (Leal, 2022).

La Cooperativa, ubicada en Costa Rica, provincia de Alajuela, enfrenta desafíos debido a la falta de automatización en la producción de yogur. (Cooperativa Dos Pinos, 2023).

La automatización se enfocará en el desarrollo del programa y la integración del sistema, para entregar una solución robusta, versátil y escalable que optimice la producción de yogur en la Cooperativa.

# Planteamiento del Problema

Pregunta Problema.



**Figura 1**  
Cooperativa Dos Pinos – Planta El Coyol, Alajuela, Costa Rica.



**Fuente**  
Cooperativa Dos Pinos, 2024.

¿Cómo afecta la falta de una filosofía de control clara en la automatización de la producción de yogur a la eficiencia operativa, la calidad del producto final y la competitividad de la Cooperativa en el mercado lácteo?

# Justificación

## Procesos Automáticos

- La automatización puede mejorar el tiempo de procesamiento en un 50% y optimizar el uso de la materia prima, reduciendo las pérdidas y aumentando la eficiencia

## Reducción de costos operativos

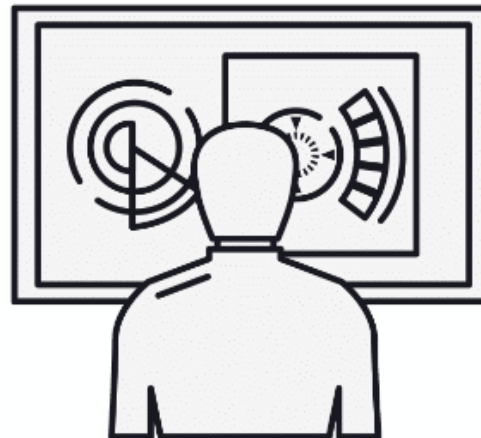
- La automatización reducirá la necesidad de personal y minimizará los desperdicios de materia prima, lo que resultará en ahorros significativos en costos de producción.

## Mejora en la trazabilidad y seguridad

- El sistema SCADA permitirá monitorear y registrar todas las etapas del proceso de producción, asegurando la seguridad alimentaria y el cumplimiento de estándares internacionales.

## Incremento en la capacidad de producción

- La automatización aumentará la producción de 300L a 500L por ciclo, con planes para expandirla hasta 2000L en el futuro. Este crecimiento responde a una demanda anual de yogur que ha crecido un 10% en los últimos cinco años (Dos Pinos, 2023).





**Objetivos.**

# Objetivos

## Objetivo General.



Diseñar el programa de automatización para HMI y controlador (PLC), bajo la arquitectura y filosofía de control definido por el cliente, para la planta de producción de yogur de bajo volumen de la Cooperativa.

# Objetivos

## Objetivos Específicos.



Analizar la instrumentación utilizada en el proceso para establecer un sistema de monitorización y trazabilidad de variables críticas, tales como temperatura, presión y flujo.

# 1



Integrar las señales de monitorización y comunicación del proceso entre el sistema de automatización recién implementado y el sistema SCADA preexistente en la fábrica.

# 2



Desarrollar un programa de control utilizando software especializado como Studio 5000 y Factory Talk View, integrando sistemas e instrumentos existentes en la planta para supervisar y gestionar el funcionamiento de la planta en tiempo real.

# 3





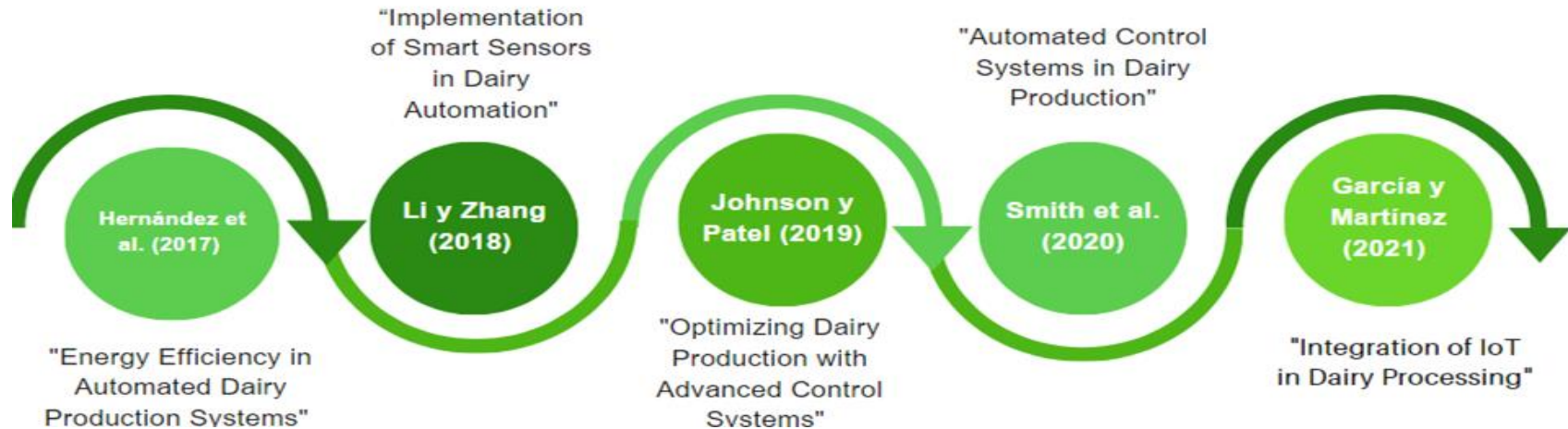
# Marco Referencial



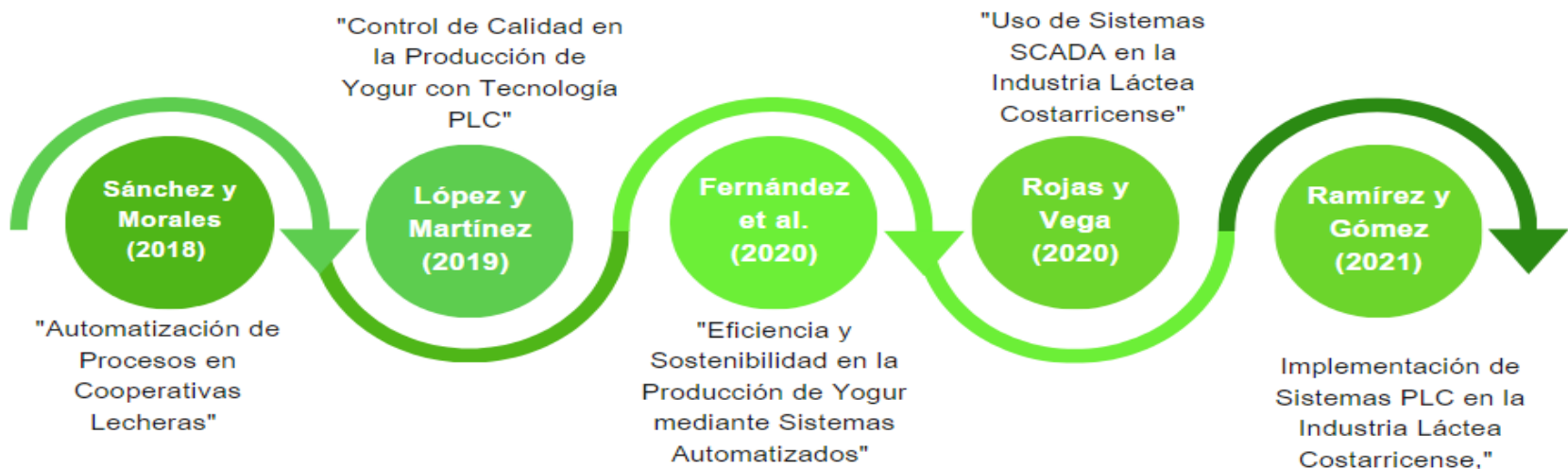
# Marco referencial

## Estado del Arte.

### ESTUDIOS INTERNACIONALES



### ESTUDIOS NACIONALES



# Marco referencial

## Marco Histórico

### INICIOS (DÉCADAS DE 1950 A 1970)



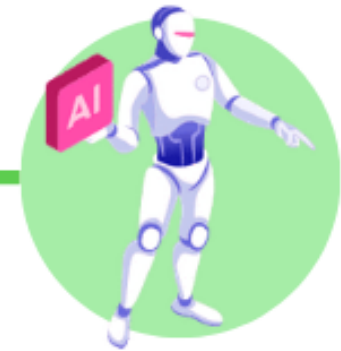
- Automatización en la industria láctea
- Métodos manuales y equipos simples
- Incorporación de controles automáticos básicos

### AVANCES TECNOLÓGICOS (1980S-1990S)



- Automatización de la producción de yogur
- Maquinaria automatizada para mezclar, fermentar y envasar

### ERA MODERNA (2000S-PRESENTE)



- Sistemas integrados y digitalizados
- internet de las cosas (IoT) e IA para supervisión en tiempo real
- Análisis de datos y robótica

# Marco referencial

## Marco Teórico.



Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) sistema proporciona una plataforma centralizada para supervisar y controlar los procesos industriales en tiempo real, permitiendo a los operadores tomar decisiones informadas para optimizar la producción



La implementación de sistemas automatizados en las plantas de producción ha permitido a las empresas lácteas mejorar la eficiencia operativa, reducir los costos de producción y garantizar la calidad y la seguridad de los productos finales

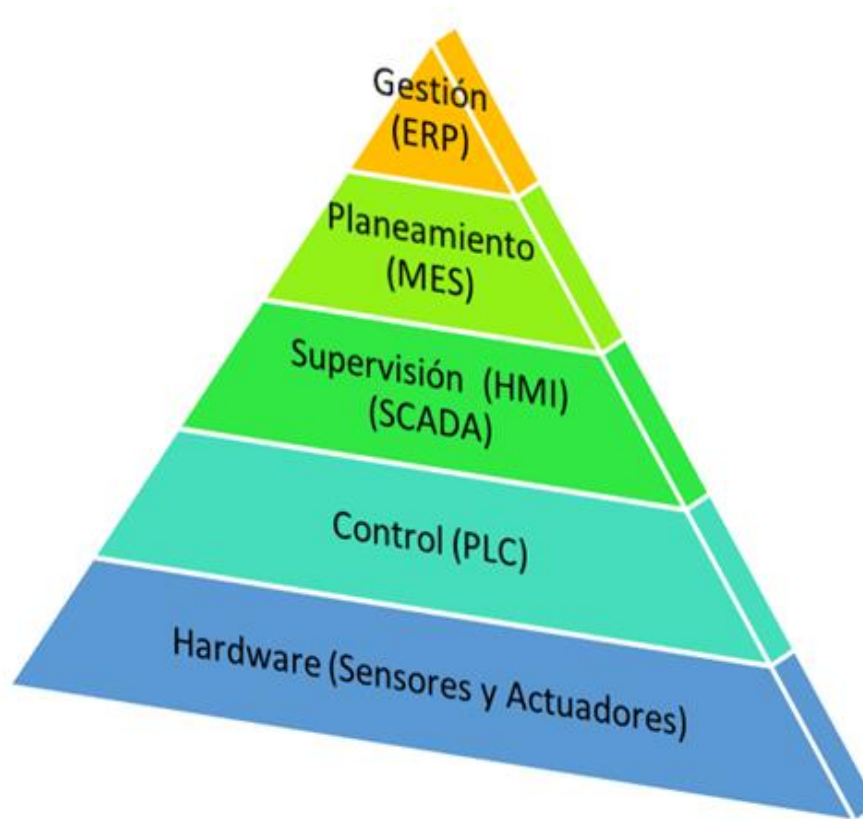


La industria se encuentra en la cuarta revolución industrial, o Industria 4.0. Impulsado por la convergencia de tecnologías digitales y físicas, como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el análisis de datos y la robótica.

# Marco referencial

## Marco Teórico.

**Figura 2**  
*Pirámide de automatización industrial*



ERP: Planificación de recursos empresariales

MES: Sistema de ejecución de fabricación.

HMI: Interfaz Hombre-Maquina.

SCADA: Sistema de control de supervisión y adquisición de datos.

PLC: Controlador Lógico Programable.

**Fuente.** Universidad Veracruzana, 2016.

# Marco referencial

## Marco Teórico.

### DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN PARA HMI Y PLC

- Aplicación de principios de ingeniería de control y programación de sistemas embebidos.

Norman (2013)



### ARQUITECTURA DE CONTROL

- La arquitectura de control jerárquico y control distribuido

Lee et al. (2008)



### FILOSOFÍA DE CONTROL

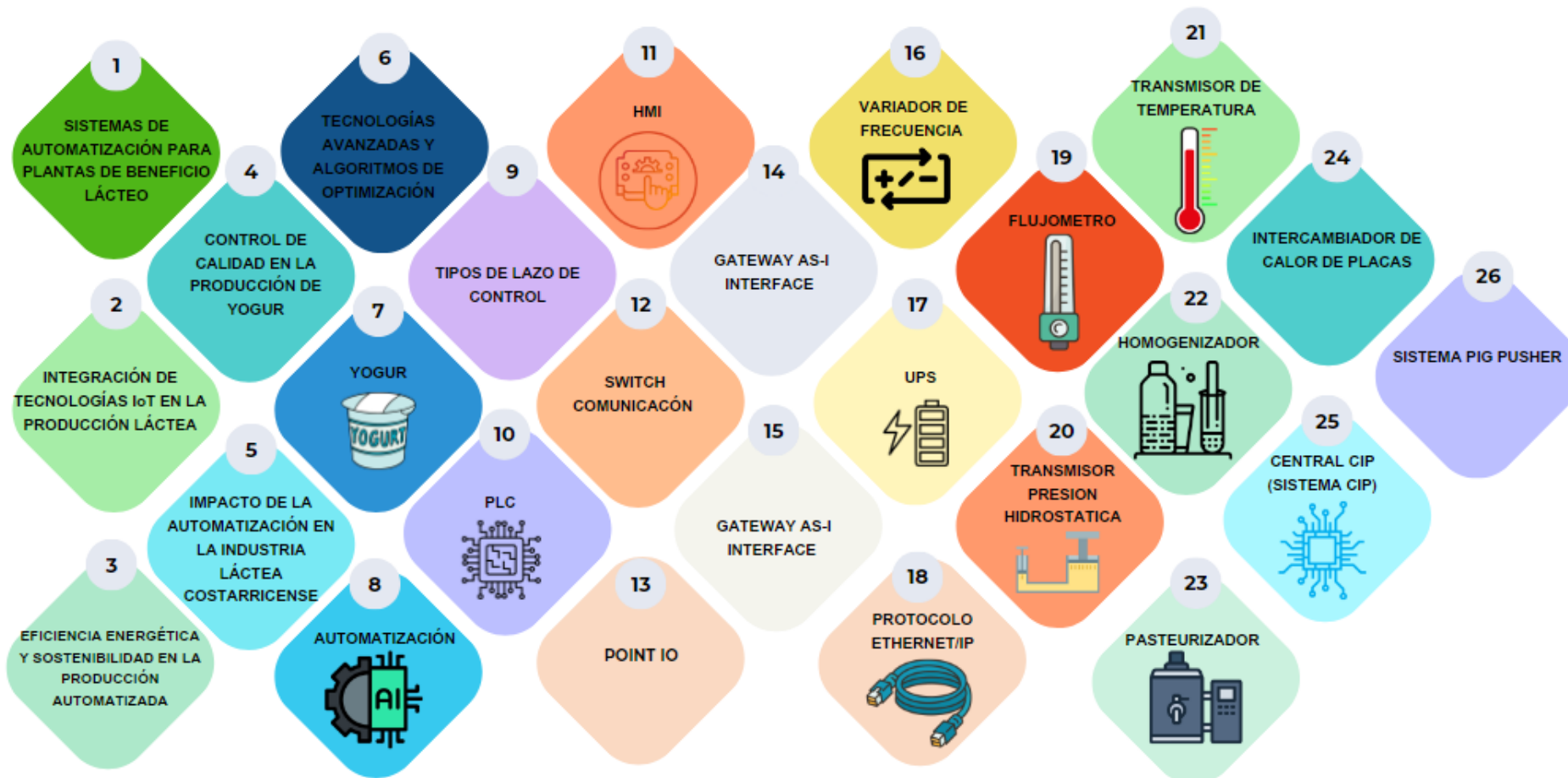
- Control basado en eventos y el control basado en estados

(Astrom & Murray, 2008).



# Marco referencial

## Marco Conceptual.

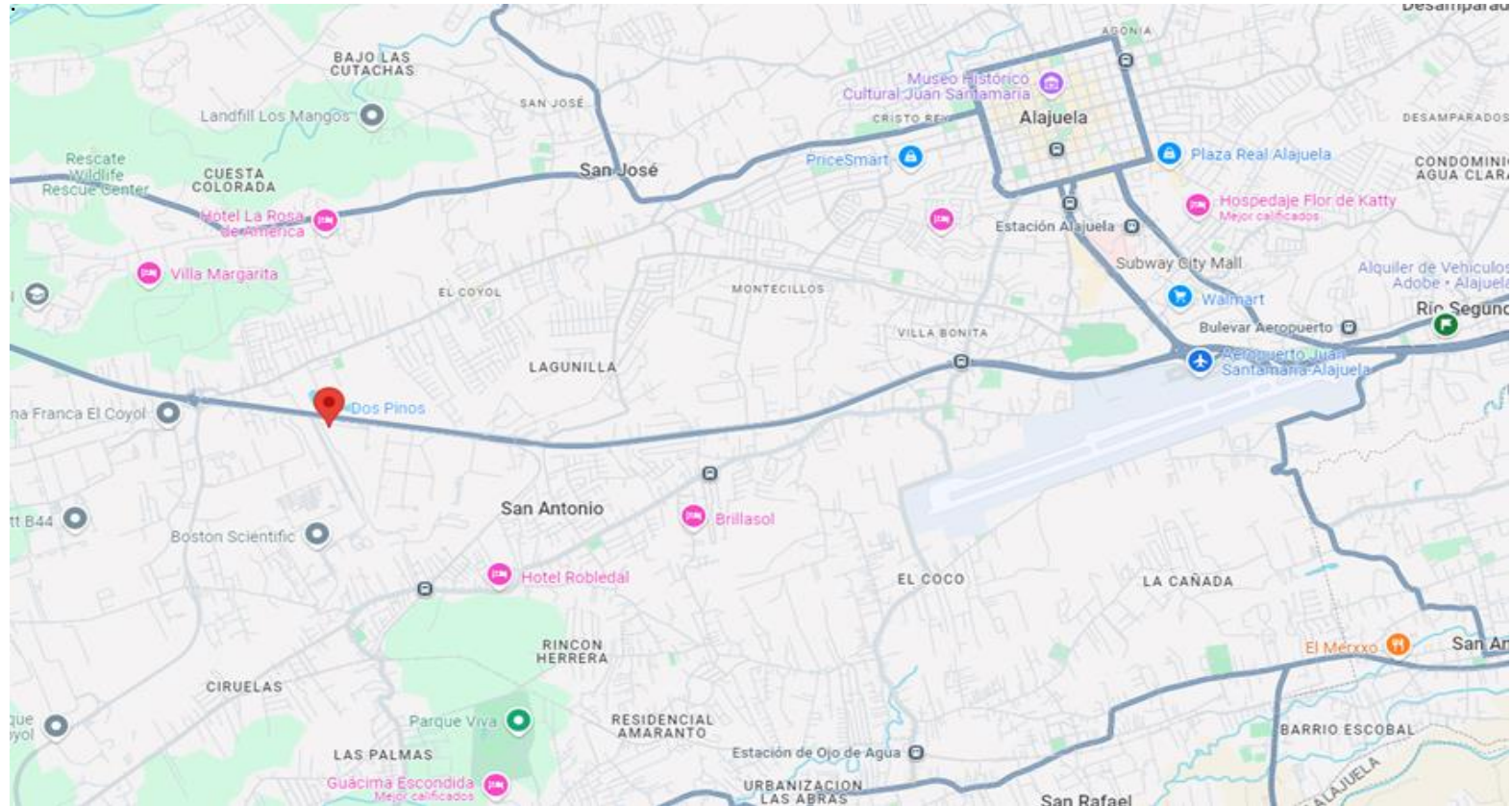


# Marco referencial

## Marco Geográfico.

**Figura 3**

*Mapa Base – ubicación de la cooperativa, Costa Rica, Provincia Alajuela*



*Fuente.* Google Maps, 2024.



# Metodología

# Metodología

## Procedimiento y Fases



Identificación de  
necesidades y  
Análisis preliminar

Implementación  
y pruebas en  
planta

Diseño conceptual  
del sistema  
automatizado

**FASES**

Capacitación del  
personal y puesta  
en marcha

Diseño detallado y  
simulación del  
sistema

Evaluación final  
y ajustes post  
implementación





# Resultados

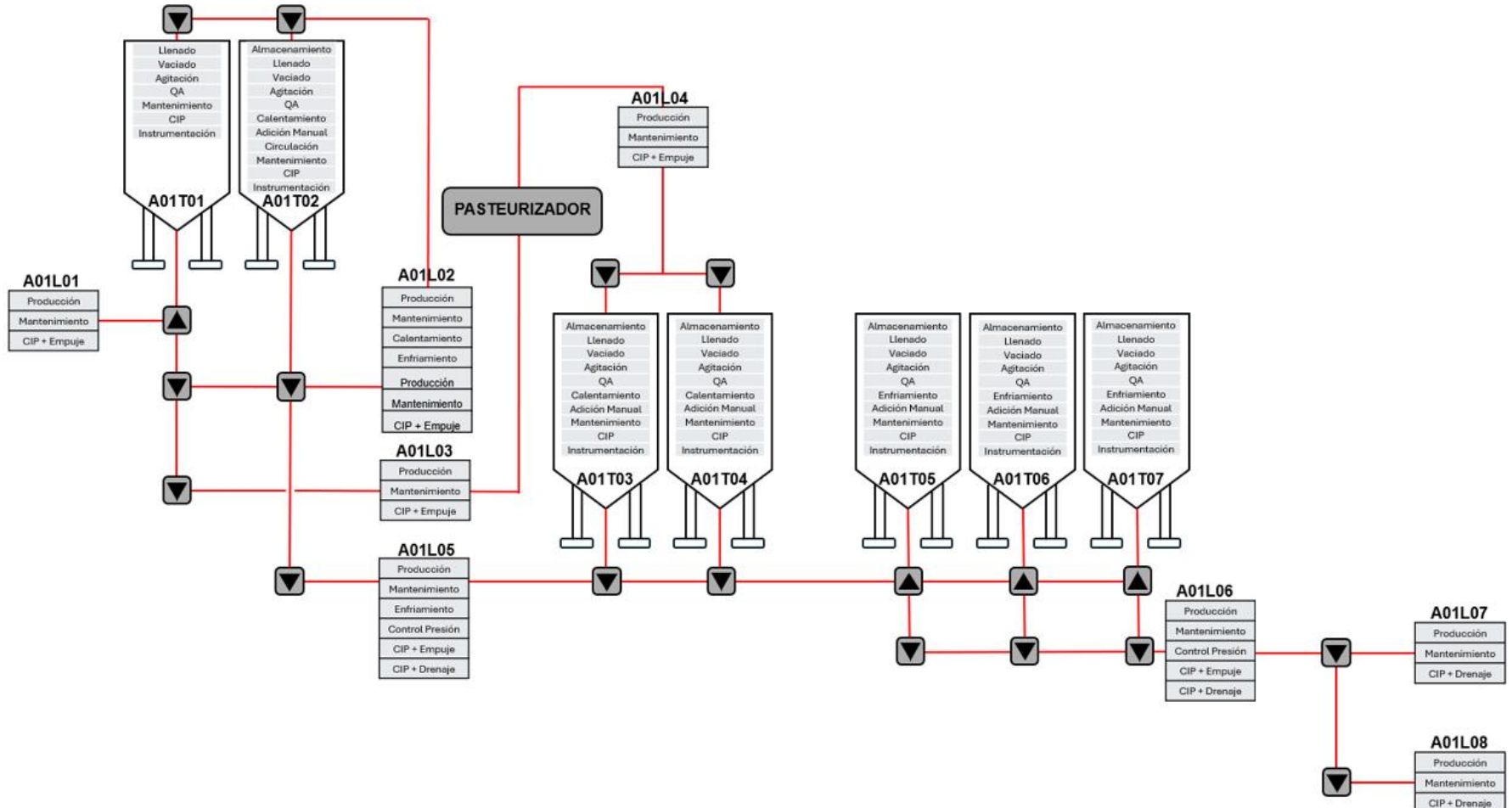


# Resultados

## Funcionalidad de Planta

Figura 4

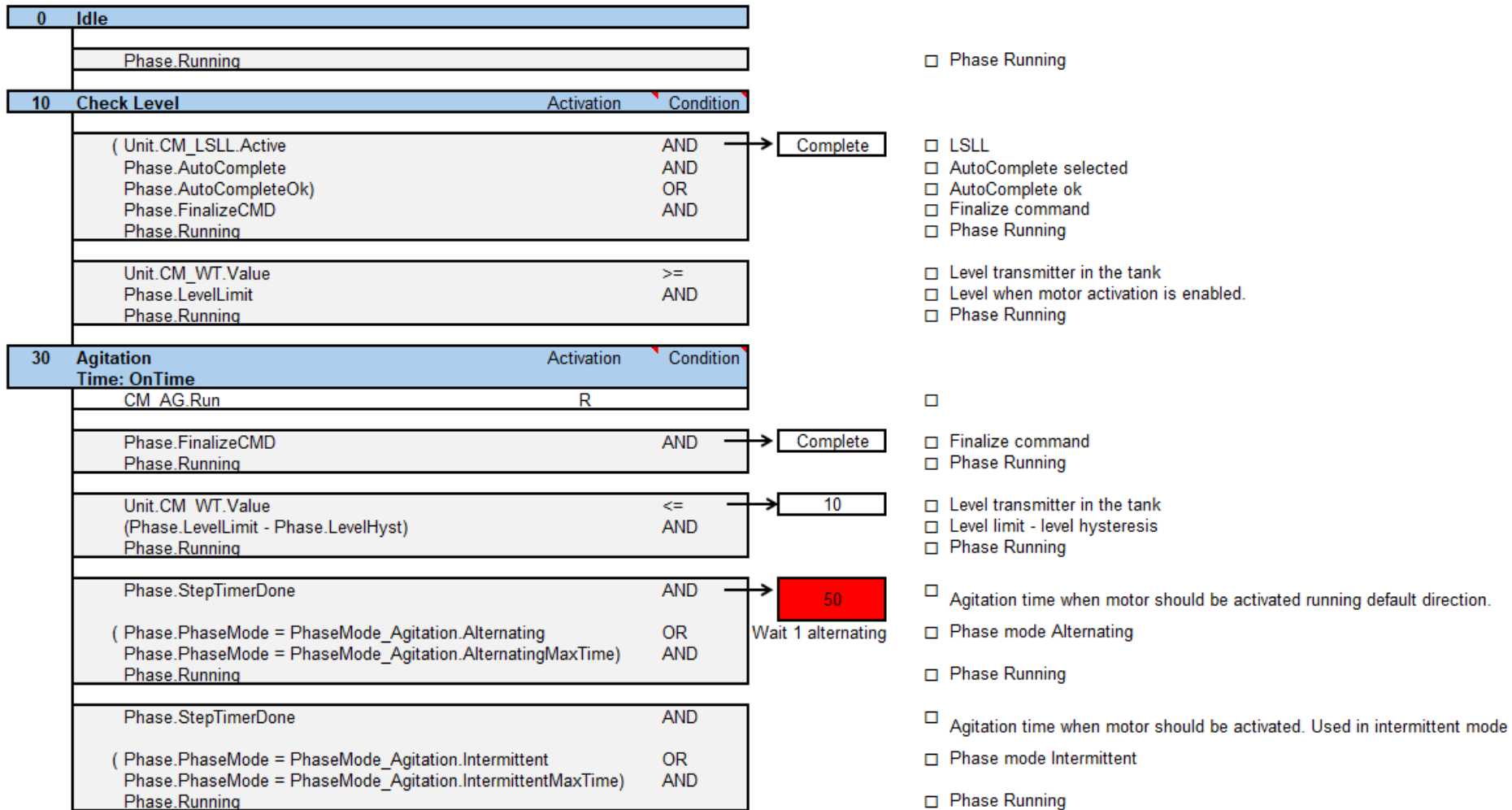
Diagrama funcionalidad de planta



Fuente. Elaboración propia, Ingeniería de Procesos, 2023.

# Resultados

## Especificaciones Funcionales de Planta



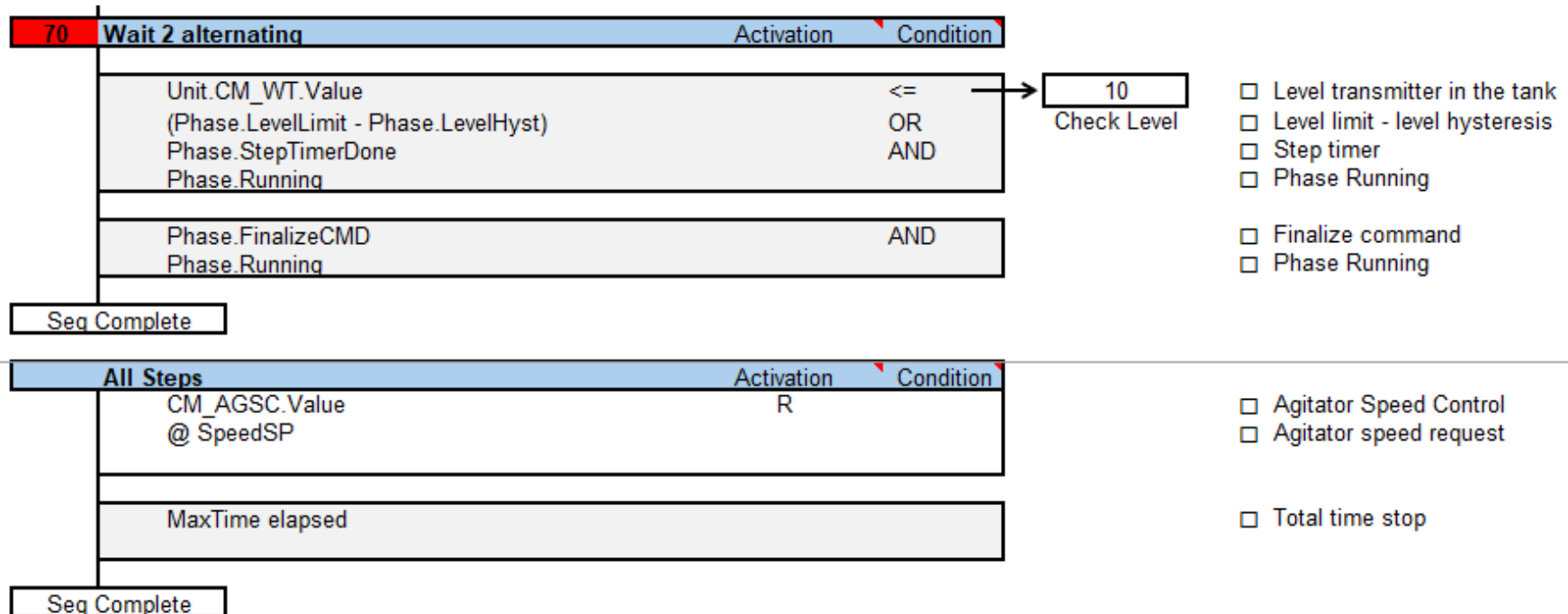
# Resultados

## Especificaciones Funcionales de Planta

40	Wait Intermittent Time: OffTime	Activation	Condition			
	Phase.FinalizeCMD Phase.Running		AND	→	Complete	<input type="checkbox"/> Finalize command <input type="checkbox"/> Phase Running
	Unit.CM.WT.Value (Phase.LevelLimit - Phase.LevelHyst) Phase.StepTimerDone Phase.Running		<= OR AND	→	10 Check Level	<input type="checkbox"/> Level transmitter in the tank <input type="checkbox"/> Level limit - level hysteresis <input type="checkbox"/> Step timer <input type="checkbox"/> Phase Running
50	Wait 1 alternating Time: WaitTime	Activation	Condition			
	Phase.FinalizeCMD Phase.Running		AND	→	Complete	<input type="checkbox"/> Finalize command <input type="checkbox"/> Phase Running
	Unit.CM.WT.Value (Phase.LevelLimit - Phase.LevelHyst) Phase.Running		<= AND	→	10 Check Level	<input type="checkbox"/> Level transmitter in the tank <input type="checkbox"/> Level limit - level hysteresis <input type="checkbox"/> Phase Oper
	Phase.StepTimerDone Phase.Running		AND			<input type="checkbox"/> Agitation time when motor should be activated running default direction. Used in alternating mode <input type="checkbox"/> Phase Running
60	Alternating agitation Time: OppDirTime	Activation	Condition			
	CM_AG.Run CM_AG.Rev	R R				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Phase.FinalizeCMD Phase.Running		AND	→	Complete	<input type="checkbox"/> Finalize command <input type="checkbox"/> Phase Running
	Unit.CM.WT.Value (Phase.LevelLimit - Phase.LevelHyst) Phase.Running		<= AND	→	10 Check Level	<input type="checkbox"/> Level transmitter in the tank <input type="checkbox"/> Level limit - level hysteresis <input type="checkbox"/> Phase Oper
	Phase.StepTimerDone Phase.Running		AND			<input type="checkbox"/> Agitation time when motor should be activated running default direction. Used in alternating mode <input type="checkbox"/> Phase Running

# Resultados

## Especificaciones Funcionales de Planta



# Resultados

## Resultados Objetivo 1.

**Figura 5**

*Transmisor de Temperatura TPT12*



**Fuente**

Radwell, Temperature Transmitter, 2024.

**Figura 6**

*Transmisor de Presión Hidrostática FMB50*



**Fuente**

Endress+Hauser, 2024.

**Figura 7**

*Flujómetro Promass F300*



**Fuente**

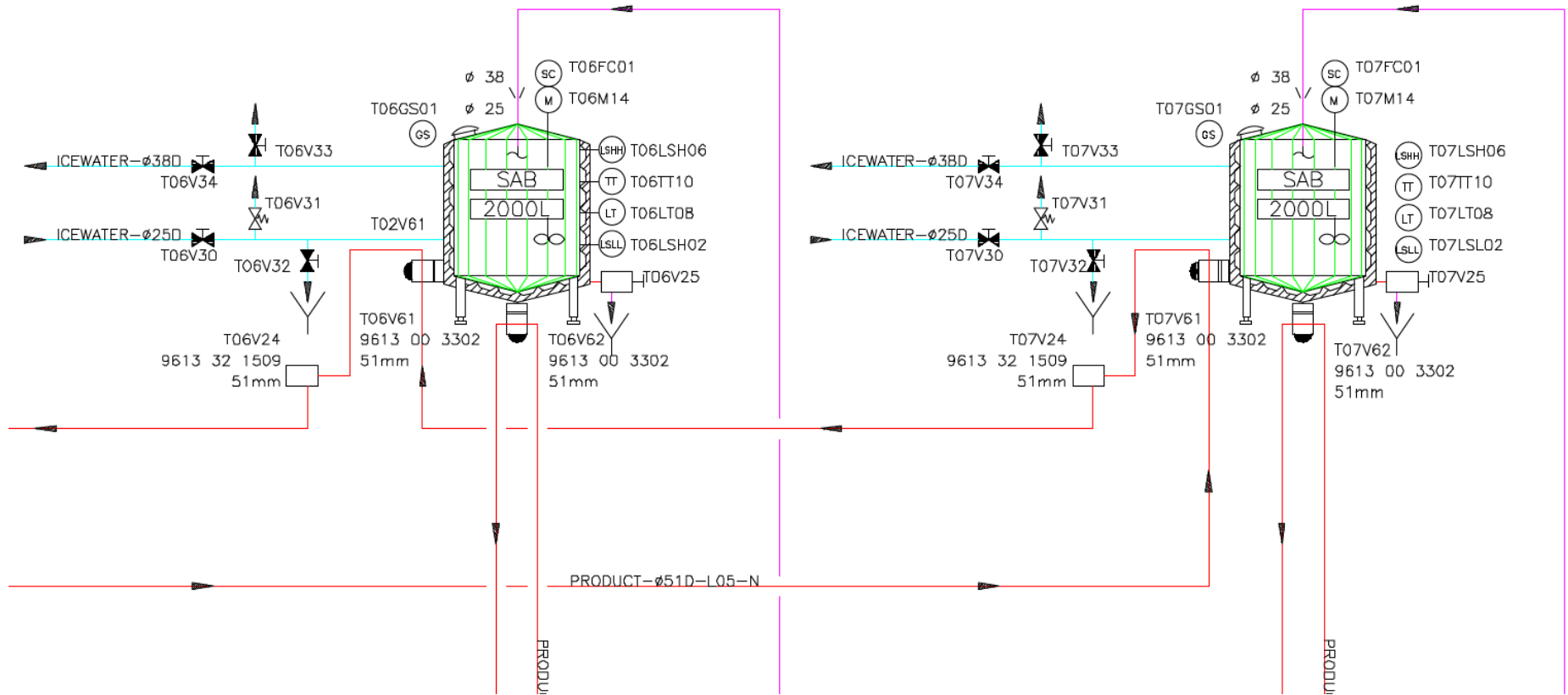
Endress+Hauser, 2024.

# Resultados

## Resultados Objetivo 1.

**Figura 8**

Diagrama P&ID, Area Saborización



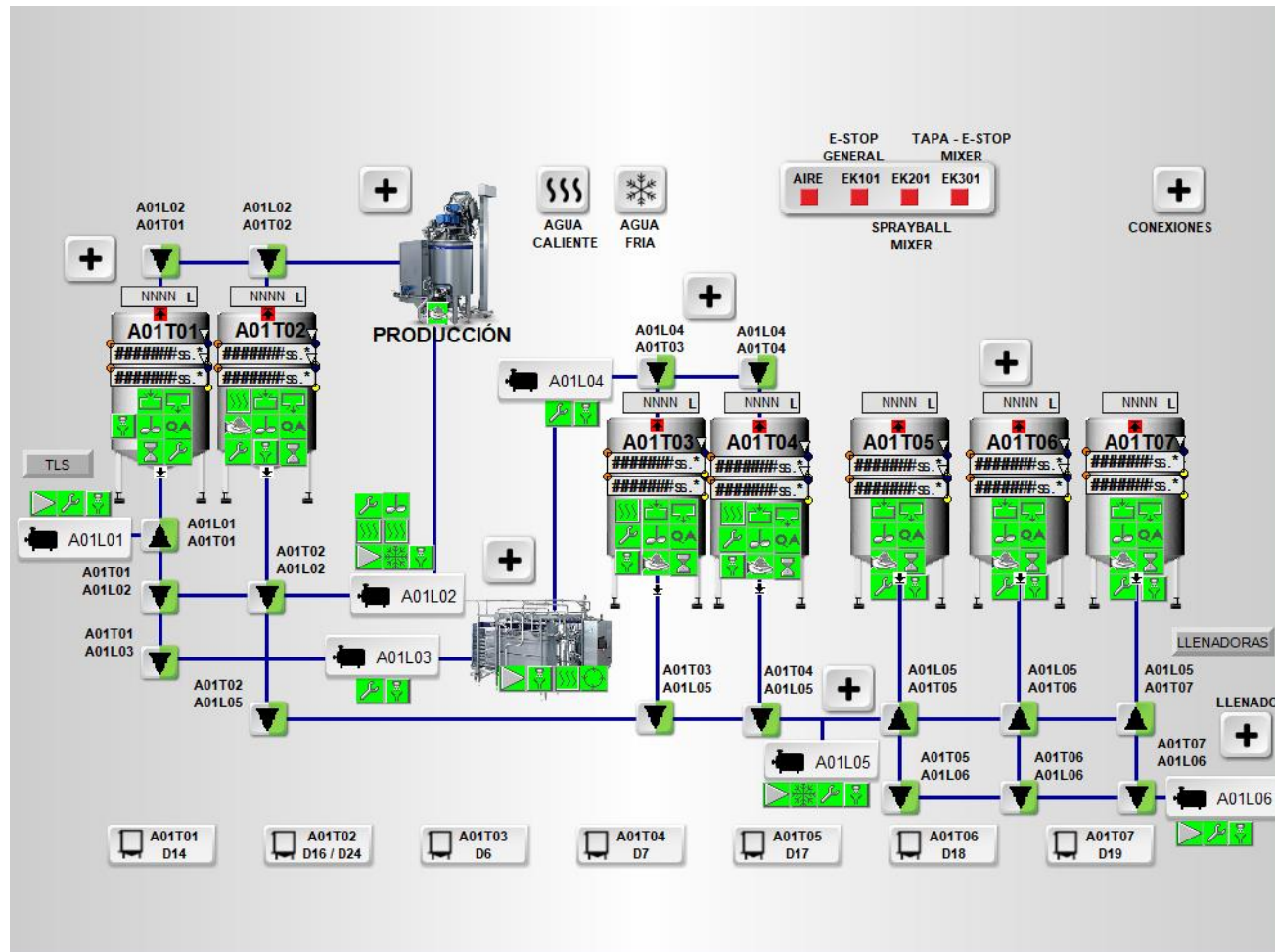
**Fuente.** Diagrama P&ID General, Documentación Ingeniería de Procesos, 2023.

# Resultados

## Resultados Objetivo 2.

Figura 9

Pantalla nivel 2 – Planta yogur bajo volumen



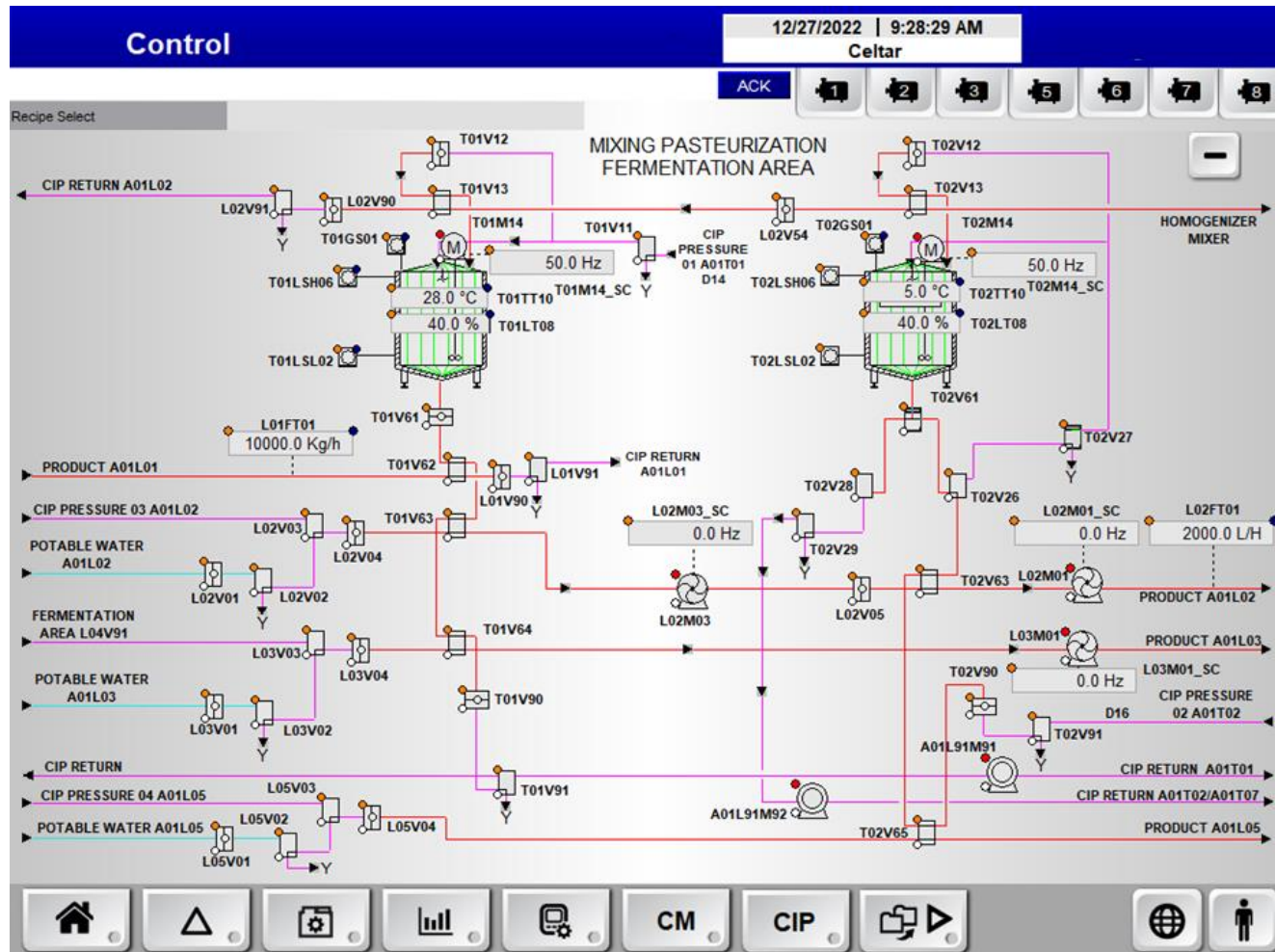
Fuente. FactoryTalk View, Programa HMI Planta de yogur, 2023.

# Resultados

## Resultados Objetivo 2.

Figura 10

Pantalla nivel 3 – Planta yogur bajo volumen – Área mezclas tanques



Fuente. FactoryTalk View, Programa HMI Planta de yogur, 2023.

# Resultados

## Resultados Objetivo 2.

**Figura 11**  
Command Encoding & Bloque Step Decode

The screenshot displays the Studio 5000 interface for a PLC program. The main window shows a ladder logic network for the 'Finalize' step. The network includes several normally open contacts: 'Phase\_Agit.Ctrl.Running', 'Unit\_Var\_Empty', 'Phase\_Agit\_Par\_AutoComplete', and 'Phase\_Agit\_Var\_AutoCompleteOk'. A 'MaxTime Timer' block is connected to the network, with the parameter 'Phase\_Agit\_Par\_MaxTimer.DN'. The network is connected to a coil labeled 'Phase\_Agit.Ctrl.Finalize'.

On the right side, a 'Command encoding' window is open, showing the following data:

Parameter	Value
CtrlID	_STD_PH_CmdCtrlDs.Finalize
OperID	32
OperID	999
PhaseCtrl	Phase_Agit.Ctrl

Signature ID: F2E54C13

Below the main network, the 'Agitation Phase Step sequence' window is open, showing the following data:

Parameter	Value	Indicator
SeqSteps	Phase_Agit.SeqSteps	
CfgTot_Mode	0	Blue arrow
CfgTot_CorrFactor	1.0	
CfgTot_InValue	0	
StepN	0	Blue arrow
StepPresetTime	0	Blue arrow
StepActualTime	0	Blue arrow
StepRemainTime	0	Blue arrow
StepPresetAmount	0.0	Blue arrow
StepActualAmount	0.0	Blue arrow
StepRemainAmount	0.0	Blue arrow

Signature ID: 789F0C2F

# Resultados

## Resultados Objetivo 2.

**Figura 12**  
Bloque Phase Control

Agitation Phase  
Phase control

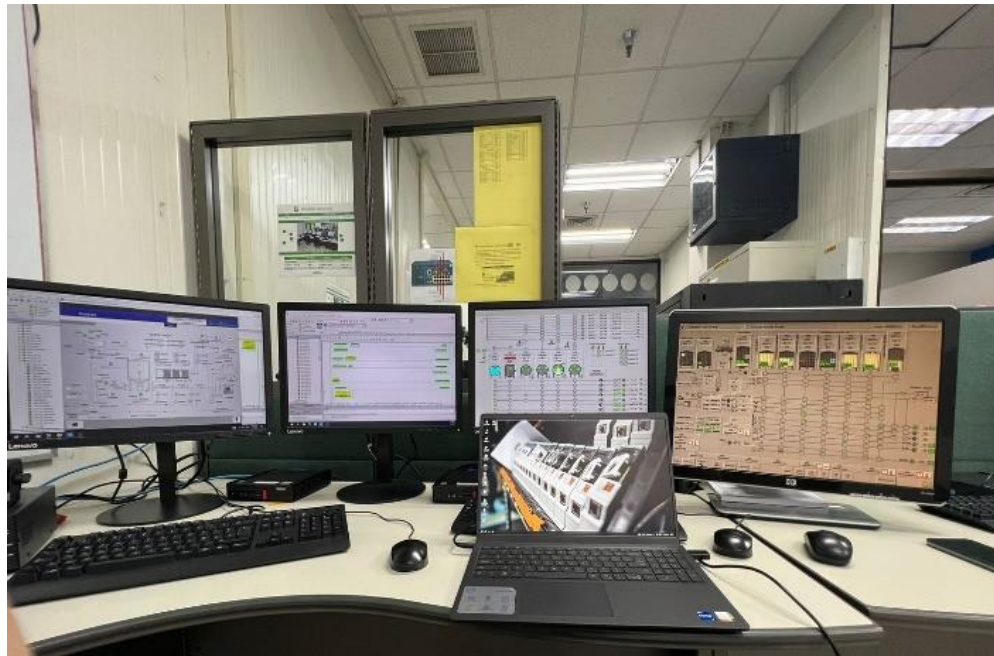
_STD_PH_PhaseCtrl		Phase_Agit.Ctrl	
_STD_PH_PhaseCtrl	_STD_PH_PhaseCtrl	Phase_Agit.Ctrl	...
CondTexts	_TMP_PH_CondTexts		Idle
AllocStatus	Unit_Coord.Alloc.Status		Running
	<A01T01_Unit_Coord.Alloc.Status>		Held
		2	Completed
AllocPhaseReq	Unit_Coord.Alloc.PhaseReq		Stopped
	<A01T01_Unit_Coord.Alloc.PhaseReq>		Aborted
BatchQueue		0	Oper
SelectedEnable		1	Acquired
			Queued
SeqComplete	Phase_Agit.Ctrl.SeqComplete		Selected
		0	AcqByRemUI_PLCL
AcquireStatus	Phase_Agit.Ctrl.AcquireStatus		AcqByLocUI
		2	AcqByOtherSys
GoStep	Phase_Agit.Ctrl.GoStep		AcqByBatch
		0	Finalize
ForceStart		0	
ForceHold		0	
ForceRestart		0	
ForceComplete		0	
ForceStop		0	
ForceAbort		0	
ForceReset		0	
ForceFinalize		0	
StartOnSelected		0	

Signature ID: D388A5E6

# Resultados

## Resultados Objetivo 3.

**Figura 9**  
SCADA principal Cooperativa

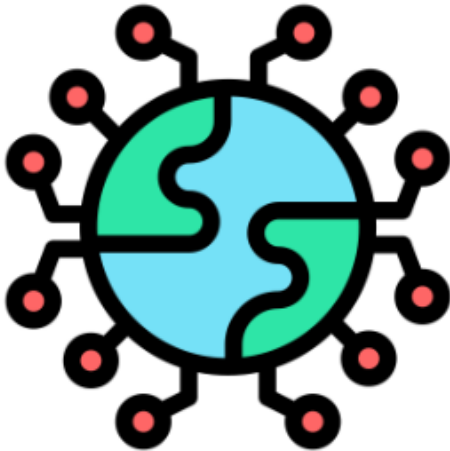


**Fuente.** Sistema SCADA, 2023.



# Conclusiones

# Conclusiones.



El uso de tecnologías de automatización avanzadas, permite que el sistema se expanda fácilmente en el futuro. La planta puede aumentar su capacidad de producción sin necesidad de realizar cambios significativos en la infraestructura de control.

La integración del sistema de automatización con el SCADA preexistente ha permitido una supervisión completa y en tiempo real de todas las operaciones de la planta.

La optimización del consumo de energía y materias primas ha reducido el desperdicio y las emisiones de carbono, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad industrial.



# Recomendaciones



# Recomendaciones.



Es recomendable que la Cooperativa implemente un enfoque de mejora continua.



Diseñar la expansión del sistema de manera modular, lo que permitirá agregar nuevos dispositivos de control y líneas de producción.



Establecer un programa de monitoreo continuo y mantenimiento preventivo del sistema automatizado y los equipos asociados.



# Bibliografía

Acosta, E. D. (2017). Análisis y diseño de la automatización del reactor para la simulación del proceso de elaboración de yogurt, utilizando herramientas electrónicas aplicadas en la industria (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena). Recuperado de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4103/1/UPSE-TET-2017-0008.pdf>

Acosta, M. (2017). Automation in yogurt production: Improving efficiency and reducing costs.

Automatización Industrial: Cómo Funciona, Tipos, Beneficios Y Niveles .... [https://faamindustrial.com/automatizacion\\_industrial/](https://faamindustrial.com/automatizacion_industrial/)

Automatización industrial: qué es y qué beneficios tiene. <https://altertecnica.com/automatizacion-industrial-beneficios/>.

Brown, A., & Green, T. (1998). Advances in Dairy Technology. Dairy Press.

Cooperativa Dos Pinos. (2023). Investment in automation for yogurt production..

COPA-DATA. (n.d.). What is HMI?. <https://www.copadata.com/en/product/zenon-software-platform-for-industrial-automation-energy-automation/visualization-control/what-is-hmi/>

De la Vega Espín, M. T. (2019). Implementación de un sistema automático mediante el uso de PLC para la producción de yogurt en la Planta de Lácteos Tunshi-ESPOCH (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13510/1/108T0292.pdf>

De la Vega Espín, R. (2019). Implementation of an automated system for yogurt production at Tunshi - Epoch dairy plant.

El avance de la automatización: Beneficios, desafíos y cómo abrazarla .... <https://blog.ticjob.es/el-avance-de-la-automatizacion-beneficios-desafios-y-como-abrazarla-de-manera-equilibrada/>

FDA (2020). U.S. Food and Drug Administration. Recuperado de: <https://www.fda.gov/>

Fernández, J., López, R., & Martínez, M. (2020). Eficiencia y sostenibilidad en la producción de yogur mediante sistemas automatizados. Revista Costarricense de Ingeniería, 15(2), 45-60.

Flores, E; Quezada, J; Bautista, I; Calderon, R. (2019). Implementación de PLC-HMI para control y monitoreo en la automatización de una máquina empaquetadora en la industria refresquera para empaquetado de Tetra Briks. Doi: [https://www.researchgate.net/publication/334264704\\_Implementacion\\_de\\_PLC-HMI\\_para\\_control\\_y\\_monitoreo\\_en\\_la\\_automatizacion\\_de\\_una\\_maquina\\_empaquetadora\\_en\\_la\\_industria\\_refresquera\\_para\\_empaquetado\\_de\\_Tetra\\_Briks](https://www.researchgate.net/publication/334264704_Implementacion_de_PLC-HMI_para_control_y_monitoreo_en_la_automatizacion_de_una_maquina_empaquetadora_en_la_industria_refresquera_para_empaquetado_de_Tetra_Briks)

García, L., & Martínez, P. (2021). Integration of IoT in dairy processing. International Journal of Dairy Technology, 74(1), 78-92.

García, M. (2021). Food Safety and Quality in Automated Dairy Production. Food Industry Journal, 34(2), 78-89.

GDPR (2018). General Data Protection Regulation. Recuperado de: <https://gdpr.eu/>



**GRACIAS**



---

[www.uniagraria.edu.co](http://www.uniagraria.edu.co)