

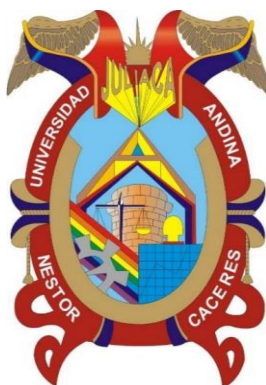


UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO
PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO
CON PLC DE GAMA MEDIA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PEDRO LUIS APAZA NINA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES**

JULIACA – PERÚ

2025



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO

PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO

CON PLC DE GAMA MEDIA

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PEDRO LUIS APAZA NINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

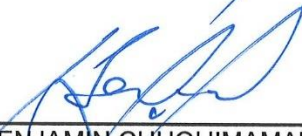
PRESIDENTE

: 
Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

PRIMER MIEMBRO

: 
Ing. ADWAR BANULFO SANCHEZ CARREÓN

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES – P19

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 044-2025-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 25 setiembre de 2025

VISTOS:

El **OFICIO N° 009-2025-UANCV-FICP-EPIET** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N° 038-2025 de fecha 28 de agosto de 2025 sobre la aprobación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

* Presidente	:	Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS
* 1er Miembro	:	Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
* 2do Miembro	:	Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
* Asesor	:	Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

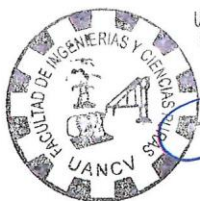
RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : martes, 30 de setiembre de 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 206 -FICP

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASMgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 72712C.c.
Arch. 2025
Interesado
Escuela Profesional

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 038-2025-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 28 de agosto de 2025

VISTOS:

El **INFORME N° 009-2025-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 001-2025-UANCV-FICP-UI-CI - EPIET** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 856-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **29 de agosto de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **12 de junio de 2025** para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, con el tema titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

* Presidente	:	Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS
* 1er Miembro	:	Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
* 2do Miembro	:	Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 889-2025, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.**

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

C.c.
archivo 2025
interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASMgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 72712

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 037 - 2025-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 25 de agosto de 2025

VISTOS.-

El OFICIO N° 007-2025-UANCV.FICP.EPIET, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y el proveído del director de la unidad de investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, sobre el pedido de cambio de la sub comisión de evaluación del **Proyecto de Investigación**, del (la) Bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**, con el tema titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**, y;

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA**; ha solicitado cambio del **Primer y Segundo Miembro** de la terna de la sub comisión de evaluación del **Proyecto de Investigación** titulada: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA** aprobado con la **RESOLUCIÓN DECANAL N°856-2023-D-FICP-UANCV** de fecha 29 de agosto de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- ❖ **Presidente** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
- ❖ **1er. Miembro** : M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA
- ❖ **2do. Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Que, el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** ha tomado conocimiento que: el **Primer y Segundo Miembro** no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**, por lo que ha determinado proceder con el sorteo para el cambio de la sub comisión de evaluación del **Proyecto de Investigación**, conforme lo establece el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y.

Estando, al proveído de la Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el oficio del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**, mediante el cual informa la designación de (los) nuevo (s) Miembro (s) de la sub comisión de evaluación del proyecto de investigación; el (los) mismo que deberá actuar según el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR, la REESTRUCTURACIÓN de la terna de la sub comisión de evaluación del **Proyecto de Investigación** presentado por el bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA**, titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**, para optar el título profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**, quedando la conformación de los jurados de la siguiente forma:

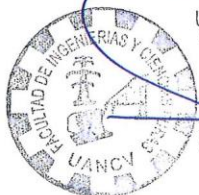
- ❖ **Presidente** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
- ❖ **1er. Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
- ❖ **2do. Miembro** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

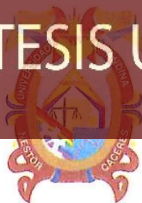
ARTICULO SEGUNDO. - Disponer a los miembros de la sub comisión de evaluación designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del proyecto de investigación, trabajo de investigación (tesis) o sustentación de tesis, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución Decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO TERCERO. - Reconocer como ASESOR DE TESIS al docente ordinario, de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al (a) Mgtr. **SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTICULO CUARTO. - La Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**, el Secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese

cc.
archivo 2025
interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASDr. OSCAR V. VAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASMgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 72712

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 471-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de octubre de 2024

VISTOS:

El OFICIO N° 006-2024-EPIM-UANCV-FP, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, sobre el pedido de cambio de asesor del Proyecto de Investigación del Bachiller: PEDRO LUIS APAZA NINA; para optar al Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, con el tema titulado: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA;

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: PEDRO LUIS APAZA NINA, ha solicitado cambio de ASESOR del Proyecto de Investigación titulado: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA, aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL N° 856-2023-D-FICP-UANCV de fecha 29 de agosto de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- | | | |
|---------------|---|--------------------------------------|
| * Presidente | : | Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS |
| * 1er Miembro | : | M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA |
| * 2do Miembro | : | Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON |

Que, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras ha tomado de conocimiento que el ASESOR del Proyecto de Investigación el (la) Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO, no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, por lo que ha determinado cambiar al ASESOR del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el reglamento de reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos e investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y;

Estando, al proveído a la solicitud del ejecutante del Proyecto de Investigación y el documento de vistos, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, mediante el cual informa la designación de nuevo ASESOR; el mismo que deberá actuar según el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos e investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, en concordancia al Reglamento aseguramiento de calidad de trabajos e investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR, el cambio de asesor del Proyecto de Investigación presentado por el Bachiller: PEDRO LUIS APAZA NINA con el tema titulado: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, se le asigna como:

- | | | |
|----------|---|--|
| * ASESOR | : | Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS |
|----------|---|--|

ARTICULO SEGUNDO. - Disponer a los miembros del Sub comité de evaluación dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del Proyecto de Investigación, trabajo de investigación o sustentación de trabajo de investigación, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución decanal de aprobación de Proyecto de Investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO TERCERO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el responsable del comité de investigación y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, el secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP 95531cc.
archivo 2024
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 856-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de agosto 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 486-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 004-2022-UANCV-FICP-UI-EPIET** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 002-2023-UANCV-FICP-CACV** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **01 de agosto de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, con el tema titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS**
- * **1er Miembro** : **Ing. ABELARDO LEON MIRANDA**
- * **2do Miembro** : **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **PEDRO LUIS APAZA NINA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA**.

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

CC.
archivo 2023
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Ing. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



TESIS UANCV

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 18%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

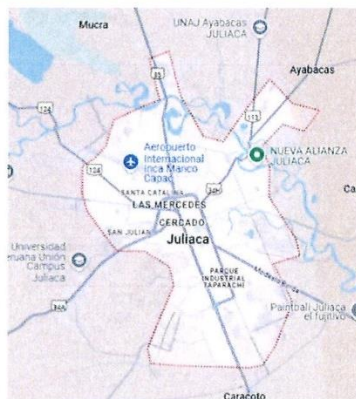
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



METADATOS COMPLEMENTARIOS

TÍTULO DE LA TESIS	
ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	PEDRO LUIS APAZA NINA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70473513
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-8999-8545
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-8660-8733
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de las telecomunicaciones – P19
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Ubicación País: Perú Región: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Longitud: -15.5017248 Latitud: -70.1241917 URL maps https://maps.app.goo.gl/7rQGwDCNrXfp34Bi7 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2023 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05 Sistemas de automatización, Sistemas de control https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03



UNIVERSIDAD ANDINA "MISIPOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo PEDRO LUIS APAZA NINA, identificado con DNI
Nro. 70473513, en mi condición de egresado de:

- ☒ **Escuela Profesional**
☐ **Programa de Segunda Especialidad,**
☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE
TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA

Asesorado por: Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 28 de OCTUBRE del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi padre y madre, ellos siempre dando el apoyo para seguir adelante, y continuar creciendo como persona tanto en lo familiar como en lo profesional.



AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mí caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención es especial para Dios, mis padres, mis hermanos, muchas gracias a ustedes por demostrarme el verdadero amor, fueron una guía durante este periodo, y un agradecimiento especial a mis compañeros de la universidad por haberme recomendado para la realización de este proyecto. Muchas gracias a todos.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE	iii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Definición del Problema	1
1.2. Planteamiento del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Justificación de la investigación	5
1.4. Objetivos del estudio.....	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. General	6
1.5.2. Específicas	6
1.6. Variables.....	7
1.6.1. Variable dependiente	7



1.6.2. Variable independiente.....	7
------------------------------------	---

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.2. Marco teórico	10
2.2.1. Análisis y diseño del sistema automático de llenado de tanque elevado	10
2.2.2. Finder opta – PLC	14

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Nivel de investigación	24
3.3. Diseño de la investigación	24
3.4. Enfoque de la investigación	24
3.5. Objeto de la investigación	24
3.6. Método de la investigación	25
3.7. Técnicas e instrumentos	25
3.7.1. Técnicas:.....	25
3.7.2. Instrumentos, recolección de datos:.....	25
3.8. Simulación del prototipo.....	25
3.9. Delimitación de la investigación	25
3.9.1. Delimitaciones generales del trabajo de tesis	25
3.10. Ámbito de estudio	30



CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC

4.1. Control de Lazo Cerrado.....	31
4.1.1. Controlador.....	32
4.1.2. Proceso (planta).....	32
4.1.3. Sensor.....	33
4.2. Seteo de la Fase de envío y recepción de datos por WIFI por PLC	37
4.3. Fase de Relevadores incorporados	39
4.3.1. Bosquejo electrónico del circuito de Relevadores	39
4.3.2. Compilación de Seteo de la Fase de los relevadores	40
4.3.3. Bosquejo de bloques de la Seteo de los relevadores.....	41
4.4. Fase de censado de nivel de agua con potenciómetros	41
4.4.1. Análisis del circuito divisor de tensión	41
4.4.2. Tipo principal	42
4.4.3. Bosquejo electrónico del circuito de censado de nivel de agua con potenciómetro	46
4.4.4. Compilación de Seteo de la Fase de censado de nivel de agua	46
4.4.5. Bosquejo de bloques de la Seteo de las entradas analógicas	47
4.5. Fase de control manual de activación de electroválvulas y electrobomba...	48
4.5.1. Bosquejo electrónico del circuito de control manual.....	48
4.5.2. Compilación de Seteo de la Fase de control manual	49
4.5.3. Bosquejo de bloques de la Seteo de los botones de control manual	49



4.6. Fase de elevación de voltaje (UPS 18650 y StepUp)	50
4.7. Servidor Web – HMI	51

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Análisis y diseño del sistema automático para el llenado de tanque elevado con PLC	58
5.7.1. Fase de envío y recepción de datos por WIFI por PLC	59
5.7.2. Fase de Relevadores incorporados.....	64
5.7.3. Fase de censado de nivel de agua con potenciómetro	67
5.7.4. Fase de control manual de activación de electroválvulas y electrobomba	73
5.7.5. Fase de elevación de voltaje (UPS 18650 y StepUp).....	77
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	83



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de bombeo de Agua a Tanque elevado	3
Figura 2: Pozo de agua domiciliario	10
Figura 3: Mini Bomba de 12v para piscina	11
Figura 4: Tanque de almacenamiento de agua - Reservorio	11
Figura 5: Sensor de flujo de caudal – FS300A.....	12
Figura 6: Sensor Transductor Ultrasónico - JSN-SR04T.....	12
Figura 7: Placa de desarrollo JOY-iT NodeMCU ESP32.....	13
Figura 8: Pantalla TFT 4" Táctil.....	13
Figura 9: IDE Arduino.....	14
Figura 10: PLC Finder Opta Modelos y diferencias.....	15
Figura 11: PLC Finder Opta Modelos.....	16
Figura 12: PLC Finder Opta Modelo 8a versión WIFI.....	16
Figura 13: Servidor XAMPP	22
Figura 14: Lenguajes de Compilación de servidor y Web.....	23
Figura 15: Diagrama del Control de Lazo Cerrado.....	31
Figura 15: Bosquejo Electrónico general.....	34
Figura 16: PCB de Simulación	35
Figura 17: Bosquejo de bloques de la Seteo del análisis y diseño del sistema automático para el llenado de tanque elevado con PLC	35
Figura 18: Bosquejo de Seteo del HMI y servidor web.....	36
Figura 19: Bosquejo Electrónico del FINDER OPTA.....	37
Figura 20: Ejecución del PLC FINDER OPTA.....	38



Figura 21: Compilación para envío de datos por WIFI del PLC Finder OPTA.....	38
Figura 22: Bosquejo de bloques del envío y recepción de datos por WIFI del Finder OPTA	39
Figura 23: Bosquejo Electrónico de los relevadores	39
Figura 24: Ejecución del módulo relevador de cuatro canales del PLC Finder OPTA	40
Figura 25: Compilación de los cuatro relevadores incorporador en el PLC Finder OPTA	40
Figura 26: Bosquejo de bloques de la Seteo de los relevadores.....	41
Figura 27: Características del PLC Opta – entradas digitales.....	41
Figura 28: Características del PLC Opta – entradas digitales.....	42
Figura 29: Circuito divisor de tensión de 12V a 10V.....	45
Figura 30: Bosquejo Electrónico del circuito de censado de nivel de agua con potenciómetro.....	46
Figura 31: Ejecución del módulo de entrada analógicas del PLC Finder OPTA ..	46
Figura 32: Compilación para los dos potenciómetros analógicos conectados al PLC Finder OPTA	47
Figura 33: Bosquejo de bloques de la Seteo de las entradas analógicas del PLC Finder OPTA	47
Figura 34: Bosquejo Electrónico del circuito de control manual	48
Figura 35: Ejecución del módulo de entrada digitales del PLC Finder OPTA	48
Figura 36: Compilación para los tres botones del control manual	49
Figura 37: Bosquejo de bloques de la Seteo de los botones del control manual .	49
Figura 38: Bosquejo Electrónico del circuito del carga de la batería 18650	50



Figura 39: Bosquejo Electrónico del UPS 18650.....	50
Figura 40: Bosquejo de bloques de los componentes del HMI.....	51
Figura 41: Base de datos y tablas en phpMyAdmin	51
Figura 42: Estructura de la tabla "sall"	52
Figura 43: Sub rutina de captura y guardado en la BBDD	53
Figura 44: Pantalla principal – HMI	53
Figura 45: INPUTS potenciómetros – HMI	54
Figura 46: INPUTS seteo – HMI.....	54
Figura 47: Sub rutina de creación de INPUTS – SCADA	55
Figura 48: Indicadores de estado – HMI	56
Figura 49: Sub rutina de creación de INDICADORES – HMI	56
Figura 50: Sub rutina de creación de BOTONES - HMI	57
Figura 51: Sub rutina para el cambio de estado de los botones - HMI.....	57
Figura 52: Tarjeta PCB de simulación de llenado de tanque elevado con PLC ...	58
Figura 52: Diagrama de bloques del PLC a nivel de Hardware.....	59
Figura 53: Imagen del PLC Finder OPTA modelo WIFI	59
Figura 54: Subrutina de envío de datos en el ESP32.....	60
Figura 55: Subrutina para la recepción de datos en el PLC Finder OPTA	61
Figura 56: Código de instauración de los botones START y STOP del HMI	61
Figura 57: Prototipo inicial del ESP-WROOM-32E.....	62
Figura 58: Bosquejo de la Fase de envío datos por WIFI del PLC Finder OPTA.	63
Figura 59: Imagen de los relevadores incorporados del PLC Finder OPTA.....	64
Figura 60: Imagen de los indicadores LED y Buzzer.....	64



Figura 61: Subrutina de encendido y apagado de los relevadores del PLC Finder OPTA	65
Figura 62: Prototipo inicial de los relevadores y ESP32	66
Figura 63: Bosquejo de la Fase de relevadores para su encendido y apagado ...	67
Figura 64: Imagen de los dos potenciómetros de simulación de nivel de agua	70
Figura 65: Subrutina de censado de nivel de agua con potenciómetros	71
Figura 66: Prototipo inicial para el censado del nivel de agua JSN – SR04T	72
Figura 67: Bosquejo de la Fase de censado de nivel de agua con potenciómetros...	72
Figura 68: Imagen del control manual de activación y apagado.....	73
Figura 69: Subrutina para el control manual de activación y apagado	75
Figura 70: Prototipo inicial del control manual de activación y apagado	76
Figura 71: Bosquejo de la Fase control manual de activación y apagado.....	77
Figura 72: Imagen electrónico de reducción de voltaje por DC	77
Figura 73: Servidor Web – HMI – Sistema automático para el llenado de tanque elevado.....	112
Figura 74: Data almacenada en la BBDD de la tabla “sall”	111
Figura 75: Sub rutina de captura y guardado en la BBDD	112
Figura 76: Pantalla principal – HMI - operatividad	113
Figura 77: Subrutina de actualización de INPUTS – HMI.....	113
Figura 78: Subrutina de envío de información de seteo – HMI.....	114
Figura 79: Subrutina de actualización de INDICADORES – HMI	114



RESUMEN

El trabajo de tesis tuvo como objetivo realizar el análisis y diseño de un sistema automático para el llenado de tanque elevado con controladores lógico Compilaciónbles, donde se elaboró un PCB de simulación y una interfaz gráfica HMI.

La metodología de la investigación fue de tipo tecnológico, nivel aplicativo, de diseño experimental, y un enfoque cuantitativo. La población fue análisis y diseño de sistemas automáticos, mientras que la muestra fue análisis y diseño de sistemas automáticos para el llenado de tanque elevado.

Los resultados que se obtuvieron para el análisis y diseño del sistema automático para el llenado de tanque elevado para lo cual se utilizó un PLC actual (Finder OPTA modelo WIFI) donde para simular los sensores de ultrasonido y pulsadores de un tablero de control se elaboró una PCB creado mediante un UPS 18650, potenciómetros, LEDs y un buzzer como alarma, además del diseño de un HMI integrado en una TABLET XIAOMI PAD 6, mientras que tanto para la Fase de control y monitoero de llenado de tanque se realizó una PCB para la simulación de un tablero de forma manual, además mediante un servidor web Compilaciónde de HTML, PHP y JS se realizó una interfaz HMI para el envío de información bidireccional desde el PLC hacia el HMI tanto de los niveles de agua del Pozo y Reservorio.

Palabras Clave: Sistema automático, tanque elevado, PLC



ABSTRACT

The objective of the thesis work was to carry out the analysis and design of an automatic system for the filling of elevated tank with programmable logic controllers, where a simulation PCB and an HMI graphical interface were developed.

The research methodology was technological, application-level, experimental design, and a quantitative approach. The population was analyzed and designed by automatic systems, while the sample was analyzed and designed by automatic systems for filling elevated tanks.

The results obtained for the analysis and design of the automatic system for the filling of elevated tanks for which a current PLC (Finder OPTA model WIFI) was used where to simulate the ultrasound sensors and buttons of a control panel a PCB created by means of an 18650 UPS, potentiometers, LEDs and a buzzer as an alarm was developed, in addition to the design of an HMI integrated into a XIAOMI PAD 6 TABLET, while both for the control stage and tank filling monitor, a PCB was made for the simulation of a board manually, in addition by means of a web server programmed from HTML, PHP and JS an HMI interface was made for the sending of bidirectional information from the PLC to the HMI of both the water levels of the Well and Reservoir.

Keywords: Automatic system, elevated tank, PLC



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis titulado "ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA" tiene como objetivo desarrollar un sistema automatizado para la gestión eficiente del llenado de tanques elevados, una necesidad crítica en diversos sectores como la agricultura, la industria, y el abastecimiento de agua potable en zonas urbanas y rurales. Este sistema, basado en un Controlador Lógico Programable (PLC) de gama media, ha sido diseñado para optimizar el control y monitoreo del nivel de agua, garantizando un suministro constante y evitando tanto el desbordamiento como el vaciado del tanque.

En la actualidad, la automatización se ha convertido en una herramienta indispensable para mejorar la eficiencia y confiabilidad de los procesos industriales y de servicios. Los PLCs, como dispositivos robustos y flexibles, juegan un papel crucial en la Ejecución de sistemas de control automático, permitiendo la integración de diversas funciones de monitoreo y control en una sola plataforma. En este contexto, el uso de un PLC de gama media, específicamente el modelo Finder OPTA con conectividad WiFi, representa una solución adecuada y rentable para el desarrollo del sistema propuesto.

La metodología adoptada en este trabajo incluye tanto el análisis teórico como el diseño práctico de un sistema de llenado de tanque elevado. Inicialmente, se realizó un análisis detallado de las necesidades del sistema, considerando factores como la capacidad del tanque, la tasa de llenado, y las posibles fluctuaciones en el suministro de agua. Con base en este análisis, se diseñó un sistema que integra un PLC, sensores de ultrasonido (simulados mediante potenciómetros), y una PCB personalizada que incluye LEDs para indicación de



niveles, un buzzer para alarmas, y un UPS basado en baterías 18650 para garantizar la continuidad del sistema en caso de fallos eléctricos.

El desarrollo del sistema también incluyó la creación de una interfaz hombre-máquina (HMI) integrado en una TABLET XIAOMI PAD 6 para la visualización y control del proceso de llenado. Esta interfaz, desarrollada utilizando tecnologías web como HTML, PHP y JavaScript, permite la comunicación bidireccional entre el PLC y el sistema de control, facilitando la supervisión remota del nivel de agua en el tanque y la intervención manual cuando sea necesario. La HMI se diseñó no solo para ser intuitiva y fácil de usar, sino también para ser accesible desde cualquier dispositivo conectado a la red, mejorando significativamente la flexibilidad operativa del sistema.

Adicionalmente, se realizaron pruebas exhaustivas del sistema utilizando una PCB que emula el comportamiento de los sensores de ultrasonido y otros componentes críticos. Estas pruebas permitieron evaluar el rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones operativas y realizar ajustes necesarios en el diseño para asegurar la precisión y confiabilidad del control del nivel de agua.

En conclusión, esta investigación no solo amplía el conocimiento relacionado con el diseño e Ejecución de sistemas automatizados enfocados en la gestión eficiente del agua, sino que además presenta una alternativa funcional con potencial de adaptación en distintas áreas de la ingeniería electrónica y de telecomunicaciones. El desarrollo llevado a cabo confirma que los PLCs de gama media pueden ser empleados de manera eficaz en entornos críticos, resaltando el valor de la automatización como herramienta clave para optimizar el monitoreo y control dentro de infraestructuras destinadas a servicios esenciales.



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Definición del Problema

El control automatizado de sistemas de llenado de tanques resulta crucial en diversas industrias a nivel mundial, abarcando desde la agricultura hasta el tratamiento de aguas. No obstante, la incorporación de tecnologías automatizadas continúa siendo un reto en múltiples regiones, especialmente en países en desarrollo, donde la carencia de recursos tecnológicos avanzados, como los PLCs sofisticados, restringe la adopción de soluciones efectivas. En el ámbito internacional, el uso de sistemas automatizados para gestionar recursos hídricos ha experimentado un crecimiento significativo, aunque su complejidad y elevado costo representan obstáculos importantes. La inclusión de PLCs de gama media en sistemas automáticos de llenado de tanques se presenta como una alternativa factible para enfrentar estas limitaciones, al equilibrar funcionalidad, costo y simplicidad de Ejecución.

En el Perú, la automatización en la gestión de recursos hídricos es una prioridad debido a la irregularidad en el suministro de agua, especialmente en zonas urbanas y rurales. Pese a los avances en infraestructura, muchas áreas siguen dependiendo de métodos manuales para llenar y controlar los tanques de agua, lo que genera ineficiencias, desperdicios y falta de control en la distribución del recurso. La integración de PLCs de gama media, como el FINDER OPTA



ARDUINO, en proyectos de automatización en el país, constituye una oportunidad para modernizar estos sistemas a un costo accesible. No obstante, diseñar soluciones que sean asequibles y sostenibles continúa siendo un desafío, debido a las limitaciones en conocimientos técnicos y en la disponibilidad de componentes especializados.

En la ciudad de Juliaca, los retos se agudizan por las condiciones geográficas y climáticas de la región, que inciden en la disponibilidad y distribución del agua. Implementar un sistema automatizado para el llenado de tanques elevados resulta esencial para garantizar un suministro constante y eficiente en áreas residenciales y comerciales. Sin embargo, la falta de infraestructura adecuada y recursos tecnológicos en la región dificulta la Ejecución de estas soluciones. Apostar por un diseño basado en una PCB que integre un UPS y un PLC de gama media permite superar estas barreras mediante la creación de un sistema compacto, eficiente y de fácil Ejecución, con potencial para ser replicado en otras localidades con necesidades similares.

El diseño y análisis de un sistema automatizado para el llenado de tanques con agua constituye una necesidad vital tanto para el ámbito doméstico como para el industrial. En Juliaca, debido a la ausencia de un servicio continuo de agua domiciliaria las 24 horas del día, es indispensable contar con sistemas de almacenamiento y llenado de tanques elevados para asegurar la disponibilidad del recurso en las instalaciones.

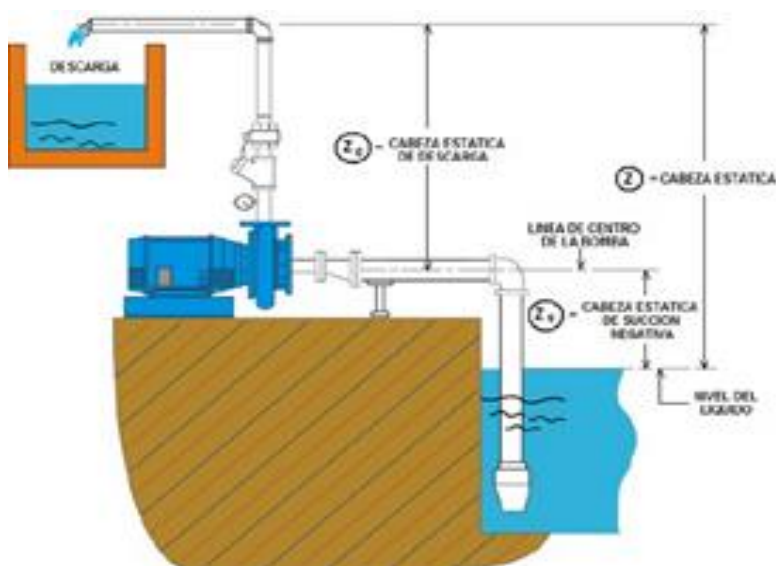
Las tecnologías actuales, a través de los controladores lógicos Compilaciónbles (PLCs), posibilitan la mejora en la automatización de tareas repetitivas y permiten la transmisión de datos en red para el monitoreo y control del llenado de líquidos. Esto se logra mediante interfaces gráficas, como las HMI

(Interfaz Hombre-Máquina), que se emplean para el monitoreo y la automatización tanto en el ámbito industrial como doméstico, contribuyendo al desarrollo de la domótica.

Para la simulación, se elaborará una tarjeta entrenadora diseñada para micro PLCs, útil para la enseñanza y simulación de sistemas automatizados sin necesidad de una Ejecución física completa. Este enfoque resulta pertinente para la tesis, ya que facilita la simplificación en el diseño y simulación de sistemas automáticos de control mediante el uso de componentes electrónicos accesibles y funcionales. Al utilizar un PLC FINDER OPTA ARDUINO en la PCB diseñada, se recrean las entradas y salidas del sistema, brindando una comprensión práctica de su operación sin requerir una infraestructura compleja. Esta metodología es especialmente valiosa en contextos donde los recursos son limitados y la instalación de un sistema completo no es factible.

Figura 1

Esquema de bombeo de Agua a Tanque elevado



Nota: Obtenido del sitio web

<http://hidraulicaucentral.blogspot.com/2012/05/bombas-y-estaciones-de-bombeo.html>



El análisis y diseño del sistema de bombeo de agua se llevará a cabo utilizando los PLCs de la línea OPTA del fabricante FINDER. Estos modelos permiten la integración de sensores ultrasónicos para medir el nivel del líquido mediante un módulo de lectura de señales analógicas. Actualmente, algunos PLCs ya cuentan con canales analógicos integrados, lo que simplifica la Seteo. Además, se requiere que el PLC posea la capacidad de transmitir datos utilizando sus módulos de comunicación a través de interfaces Ethernet o Wi-Fi, para así establecer la conexión con el HMI.

Como parte del objeto de investigación, se incluye el control del llenado de tanques elevados basado en la lectura de sensores ultrasónicos (representados de forma analógica mediante potenciómetros) conectados a los PLCs a través de módulos analógicos de la marca FINDER. La Compilación de los PLCs se llevará a cabo en lenguaje C++ utilizando el entorno de desarrollo Arduino IDE. Las librerías internas, junto con las creadas específicamente por el usuario, permitirán implementar tanto el control como el monitoreo del sistema. Por su parte, la Seteo del HMI se realizará en un entorno de Compilación basado en HTML, JavaScript y PHP, con el objetivo de desarrollar una interfaz visual mediante un servidor web, accesible desde una TABLET de 11 pulgadas, facilitando la interacción del usuario con el simulador.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo realizar el análisis y diseño de un Sistema automático para el llenado de tanque elevado con controladores lógicos Compilaciónbles?



1.2.2. Problemas específicos

PE1. ¿Cómo realizar el análisis y diseño del control de llenado de tanque elevado con controladores lógico Compilaciónbles?

PE2. ¿Cómo realizar el análisis y diseño de la Fase monitoreo del llenado de tanque elevado con controladores lógico Compilaciónbles?

1.3. Justificación de la investigación

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo atender la necesidad de un sistema automatizado para el llenado de tanques elevados, destinado tanto a aplicaciones industriales como domésticas en las viviendas de la ciudad de Juliaca.

En el ámbito tecnológico, se utilizarán dispositivos de redes industriales, como los PLCs con módulos de comunicación integrados, incluyendo puerto Ethernet, junto con una Interfaz Hombre-Máquina (HMI). El PLC será Compilacióndo utilizando los entornos SoMachine Basic y EcoStruxure proporcionados por el fabricante Schneider Electric, mientras que la Seteo de la HMI se desarrollará en el entorno de Vijeo Designer.

Desde una perspectiva económica, la Ejecución inicial está justificada por la protección que el sistema ofrece a las bombas centrífugas de agua, al ser controladas mediante un PLC de gama media. Esto permitirá prolongar la vida útil del motor mediante la Compilaciónción de secuencias específicas que protejan su funcionamiento.

En el ámbito social, la investigación fomentará el desarrollo de nuevos esquemas eléctricos y electrónicos para su inmediata aplicación en viviendas y locales industriales de la ciudad de Juliaca, mejorando la eficiencia y funcionalidad en la gestión del llenado de tanques elevados.



1.4. Objetivos del estudio

1.4.1. *Objetivo general*

Realizar el análisis y diseño de un sistema automático para el llenado de tanque elevado con controladores lógico Compilaciónbles.

1.4.2. *Objetivos específicos*

OE1. Realizar el análisis y diseño de la Fase de control de llenado de tanque elevado con controladores lógico Compilaciónbles PLCs.

OE2. Realizar el análisis y diseño de la Fase de monitoreo del llenado de tanque elevado con controladores lógico Compilaciónbles PLCs.

1.5. Hipótesis

1.5.1. *General*

Si se implementa un sistema automático basado en controladores lógico Compilaciónbles (PLCs) para el llenado de tanques elevados, entonces se mejorará significativamente la eficiencia y precisión en la gestión del recurso hídrico, reduciendo tanto el desperdicio de agua como los costos operativos, en comparación con los métodos manuales o semi-automáticos tradicionales.

1.5.2. *Específicas*

HE1. Si se diseña y analiza una Fase de control específica para el llenado de tanques elevados utilizando PLCs, entonces se logrará una mayor estabilidad en el proceso de llenado, evitando tanto el sobrellenado como el subllenado del tanque, mediante un control más preciso de las válvulas y bombas involucradas en el sistema.



HE2. Si se desarrolla una Fase de monitoreo para el sistema de llenado de tanques elevados utilizando PLCs, entonces se obtendrá un sistema capaz de proporcionar información en tiempo real sobre el estado del tanque y del proceso de llenado, permitiendo tomar decisiones oportunas y prevenir fallos en el sistema mediante alertas y registros de datos.

1.6. Variables

1.6.1. Variable dependiente

- Análisis y diseño del sistema automático de llenado de tanque elevado
 - ❖ Sensores
 - ❖ Actuadores
 - ❖ Indicadores

1.6.2. Variable independiente

- PLC de gama media
 - ❖ Modelo



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En la tesis de (Torres & Chanoluisa, 2015), El presente proyecto está orientado a la aplicación práctica de un sistema de control industrial, enfocado en la realización de actividades vinculadas con las áreas de automatización e instrumentación. Su objetivo esencial es brindar a los estudiantes de Ingeniería Electrónica una experiencia directa con procesos industriales ampliamente utilizados, permitiéndoles comprender aspectos como la Seteo del sistema, el cableado eléctrico, así como el manejo y supervisión de las variables que intervienen en un lazo de control automático. Esta experiencia busca reforzar sus competencias en sistemas de control aplicados, preparándolos adecuadamente para escenarios reales en su futura etapa profesional. Asimismo, se integra un análisis técnico del proceso implementado, complementado con pruebas y ejercicios prácticos que conforman un sistema con fines didácticos. Este enfoque metodológico fomenta un aprendizaje más dinámico y profundo en los campos de la automatización y la instrumentación.

La elaboración de la presente tesis denominada (Paredes, 2013), Esta propuesta refleja la consolidación del conocimiento académico y la experiencia preprofesional adquiridos a lo largo de la formación universitaria. Su desarrollo comenzó con una revisión minuciosa del servicio de abastecimiento de agua potable brindado por la Municipalidad Distrital de Pomalca. A partir de ello, se



analizaron los beneficios potenciales de implementar un sistema de automatización en el proceso de bombeo existente. Con los objetivos del proyecto claramente definidos, se procedió al estudio y elaboración del diseño del sistema automatizado propuesto. Esta nueva solución representa una mejora respecto al modelo actual, respaldada por ensayos operativos de bombeo y un análisis detallado del rendimiento alcanzado antes de aplicar de manera integral la automatización del sistema.

La presente investigación de (Cordova & Ramos, 2019), Esta investigación fue desarrollada en Lima, Perú, durante el año 2019, contando con la colaboración de los bachilleres Luis Ernesto Córdova Cornejo y Eder Roger Ramos Quispe. El propósito central del estudio fue evidenciar cómo un sistema automatizado y eficiente para la generación de agua caliente puede influir de manera favorable en la limpieza de cubetas. La relevancia de este trabajo se sustenta en su aporte teórico, aplicabilidad práctica, viabilidad y los beneficios concretos que ofrece. Su importancia radica en la mejora del proceso de obtención de agua caliente a través de la automatización, promoviendo un uso racional de la energía. En cuanto al sustento teórico, se recurrió a la obra Instrumentación Industrial de Antonio Creus, como base para la correcta selección de los dispositivos de instrumentación. También se consultó Control Avanzado de Procesos de José Acedo Sánchez, el cual proporciona conceptos clave sobre estrategias de control adaptadas a distintos tipos de procesos. Durante la etapa experimental, el prototipo operó a una temperatura constante de 60 °C, conforme al diseño propuesto en el estudio. Se comprobó que el sistema automatizado logró mantener la temperatura del tanque con una precisión de ± 1.5 °C. Finalmente, se confirmó que la Ejecución del sistema cumplió satisfactoriamente con todos los objetivos trazados, garantizando al mismo tiempo la seguridad del operador.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Análisis y diseño del sistema automático de llenado de tanque elevado

Según (Cruzado & Angeles, 2019) La gestión del bombeo de agua en entornos residenciales cumple una función crucial dentro de la infraestructura de distribución hídrica, especialmente en zonas donde el acceso al recurso es escaso o su reparto resulta inconstante. Estos sistemas permiten una administración eficiente y regulada del flujo de agua potable desde las fuentes de suministro hasta las viviendas, asegurando así una provisión continua y equitativa para todos los habitantes.

En este contexto, se detalla un sistema de control de bombeo de agua para viviendas, abarcando sus principales componentes, su funcionamiento integral y los beneficios que ofrece a nivel doméstico:

2.2.1.1. Componentes del sistema de control de bombeo de agua

- A. **Fuente de Agua:** La fuente de agua puede provenir de un pozo, una cisterna, una red de distribución pública u otra alternativa de abastecimiento disponible.

Figura 2

Pozo de agua domiciliario



Nota: Extraído de la página de <https://diariovoces.com.pe/>

B. **Bomba de Agua:** Es el dispositivo encargado de transportar el agua desde su fuente de origen hasta los tanques de almacenamiento o directamente hacia los puntos de consumo en los hogares (Cruzado & Angeles, 2019).

Figura 3

Mini Bomba de 12v para piscina



Nota: Extraído de la página de <https://naylampmechatronics.com/>

C. **Tanque de Almacenamiento:** Se encarga de almacenar el agua transportada por el sistema de bombeo, permitiendo su distribución gradual hacia las viviendas (Cruzado & Angeles, 2019).

Figura 4:

Tanque de almacenamiento de agua - Reservorio



Nota: Extraído de la página de <https://www.launion.digital/>

D. **Válvulas de Control:** Regulan el tránsito del agua en el sistema, modificando la presión y el caudal entregado según las necesidades particulares de cada usuario (Cruzado & Angeles, 2019).

Figura 5:

Sensor de flujo de caudal – FS300A



Nota: Extraído de la página de <https://naylampmechatronics.com/>

E. **Sensores de Nivel y Presión:** Supervisan en tiempo real tanto los niveles de agua en los depósitos de almacenamiento como la presión en la red de distribución, ofreciendo información continua que permite mantener un control preciso del sistema (Cruzado & Angeles, 2019).

Figura 6:

Sensor Transductor Ultrasónico - JSN-SR04T

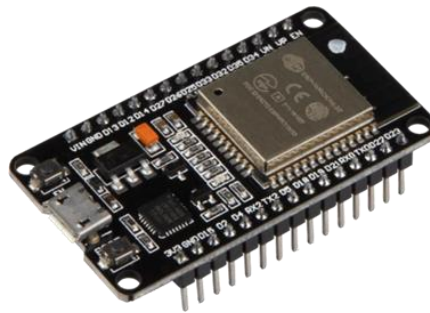


Nota: Extraído de la página de <https://naylampmechatronics.com/>

F. **ESP32:** El ESP32 es una familia de chips SoC económicos y de bajo consumo energético, que integran de manera dual las tecnologías Wi-Fi y Bluetooth (Loor & Alvarez, 2022).

Figura 7:

Placa de desarrollo JOY-iT NodeMCU ESP32



Nota: Extraído de la página de <https://naylampmechatronics.com/>

G. Puede consistir en una pantalla LCD TFT de 4 pulgadas, un panel de mando o incluso una aplicación móvil, mediante los cuales los usuarios pueden monitorear y gestionar el sistema, programar horarios de operación y recibir notificaciones en caso de fallos o eventos anómalos (Loor & Alvarez, 2022).

Figura 8:

Pantalla TFT 4" Táctil



Nota: Extraído de la página de <https://naylampmechatronics.com/>

2.2.1.2. Lenguaje C++ - Arduino

Para (Loor & Alvarez, 2022) El entorno de programación de Arduino está fundamentado en el lenguaje C++, aunque presenta una variante simplificada del mismo. Esta adaptación se apoya en avr-libc, una biblioteca en C optimizada para funcionar con el compilador GCC en microcontroladores AVR desarrollados por Atmel. Asimismo, integra múltiples herramientas de código abierto diseñadas específicamente para maximizar el rendimiento y la compatibilidad con este tipo de microcontroladores.

Figura 9:

IDE Arduino



Nota: Extraído de la página de <https://es.wikipedia.org/>

2.2.2. Finder opta – PLC

Opta™ es un PLC seguro con capacidades de Internet industrial de las cosas (IoT). Desarrollado en colaboración con Finder®, este dispositivo es compatible tanto con el lenguaje de Compilación Arduino como con los lenguajes estándar de Compilación de PLC según la norma IEC-61131-3.

2.2.2.1. Modelos

Las principales diferencias entre las variantes de Opta™ están relacionadas con las opciones de conectividad que ofrecen:

Opta™ Lite: Esta variante es adecuada para soluciones que no requieren una interfaz RS-485 ni conectividad inalámbrica. Se conecta a la nube a través de Ethernet integrada, lo que la hace ideal para aplicaciones más simples.

Opta™ RS485: Si se necesita una conexión RS-485 para integrar un bus Modbus RTU, esta variante es la más apropiada. Sin embargo, no ofrece conectividad inalámbrica, por lo que está destinada a aplicaciones industriales más específicas que requieren este tipo de comunicación.

Opta™ WiFi: Esta es la opción más completa, con conectividad inalámbrica completa, incluyendo Wi-Fi® y Bluetooth® Low Energy, además de la red Ethernet. Es la mejor opción para proyectos profesionales que requieren flexibilidad en la conectividad y la integración con redes de comunicación inalámbrica.

Figura 10:

PLC Finder Opta Modelos y diferencias

Característica	Opta™ Lite	Opta™ RS485	Wifi Opta™
Código SKU	AFX00003	AFX00001	AFX00002
USB	USB-C®	USB-C®	USB-C®
Compatibilidad con Ethernet	Puerto 10/100BASE-T	Puerto 10/100BASE-T	Puerto 10/100BASE-T
RS-485	N / A	Dúplex medio	Dúplex medio
Wifi®	N / A	N / A	802.11b/g/n
Bluetooth®	N / A	N / A	Bluetooth® de bajo consumo

Nota: Obtenido de la página web <https://docs.arduino.cc/>

Figura 11:

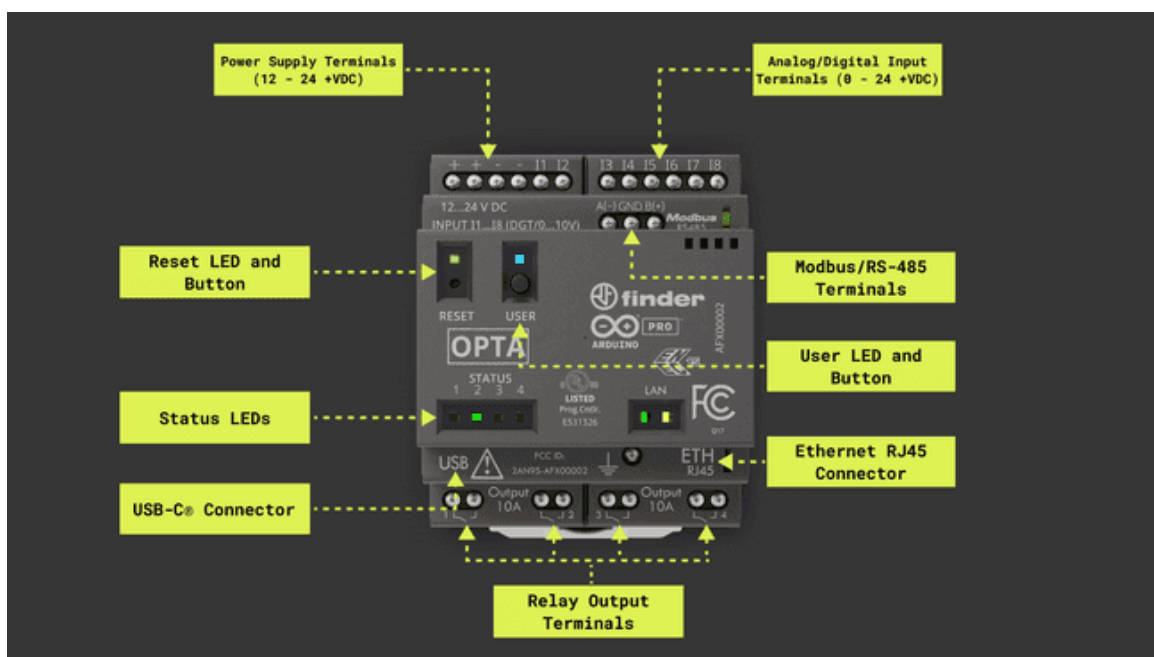
PLC Finder Opta Modelos



Nota: Obtenido de la pagina web <https://docs.arduino.cc/>

Figura 12:

PLC Finder Opta Modelo 8a versión WIFI



2.2.2.2. Características

1. **Microcontrolador** : En el corazón de Opta™ se encuentra el STM32H747XI, un microcontrolador potente y de alto rendimiento de STMicroelectronics®. El STM32H747XI está construido alrededor de núcleos RISC de 32 bits Arm® Cortex®-M7 y Arm® Cortex®-M4. El núcleo Arm® Cortex®-M7 opera a hasta 480 MHz y el núcleo Arm® Cortex®-M4 a hasta 240 MHz.
2. **Conectividad inalámbrica** : Opta™ (solo variante WiFi) admite Wi-Fi® de 2,4 GHz (802.11 b/g/n) y Bluetooth® Low Energy (4.2 compatible con el firmware y 5.1 compatible con el hardware), lo que permite que el dispositivo se comuniquen de forma inalámbrica con otros dispositivos y sistemas.
3. **Conectividad Ethernet** : Opta™ (todas las variantes) cuenta con un transceptor Ethernet 10/100 Mbps integrado y de alto rendimiento, accesible a través de su conector RJ45 integrado.
4. **Seguridad** : Opta™ cuenta con un elemento seguro integrado listo para usar, el ATECC608B de Microchip®, diseñado específicamente para dispositivos IoT que proporciona funciones de seguridad avanzadas, siendo perfecto para entornos de IoT industrial (IIoT) donde la seguridad es fundamental.
5. **Conectividad USB** : Opta™ cuenta con un puerto USB-C® integrado que se puede utilizar para Compilación y registrar datos, pero no para controlar las salidas de relé. Para ello, alimente Opta™ con una fuente de alimentación externa.

6. **Periféricos analógicos y digitales** : Opta™ cuenta con periféricos analógicos y digitales como ocho puertos de entrada analógicos/digitales y cuatro puertos de salida digitales (salidas de relé).
7. **Conectividad RS-485** : Opta™ (variantes RS485 y WiFi) cuenta con una interfaz de comunicación física RS-485 disponible a través de un conector de terminal integrado que se puede utilizar para interfaces de comunicación estándar como Modbus RTU o protocolos de comunicación personalizados.
8. **Factor de forma** : Los dispositivos Opta™ se pueden montar de forma independiente en un riel DIN, una rejilla o un panel, lo que proporciona un acceso rápido y sencillo a todos los puertos de entrada/salida y periféricos.

2.2.2.3. Interfaz hombre máquina - HMI

El Human-Machine Interface (HMI) es esencial en los sistemas de control automatizado, pues actúa como un puente entre el operador y el sistema, facilitando la interacción y el monitoreo de los procesos industriales. En un sistema de llenado de tanque elevado automatizado, el HMI ofrece varias funciones clave:

1. **Monitoreo del nivel del tanque**: El HMI permite visualizar en tiempo real el nivel de agua en el tanque a través de gráficos, barras o indicadores numéricos, proporcionados por los sensores de ultrasonido conectados al PLC.
2. **Control de parámetros**: Los operadores pueden ajustar los parámetros de operación, como el arranque y paro de la bomba, la presión, los

- niveles de llenado o las secuencias de protección de los equipos, asegurando el funcionamiento eficiente y seguro del sistema.
3. Alarmas y fallos: El HMI notifica al operador sobre cualquier anomalía, como una sobrepresión, un nivel de agua inadecuado o fallos en los componentes del sistema. Las alertas visuales y sonoras permiten una respuesta inmediata.
 4. Interacción centralizada: Desde un único panel de control, el operador puede supervisar todo el proceso y tomar decisiones informadas sin tener que desplazarse hasta las distintas partes del sistema, lo que optimiza la eficiencia operativa.
 5. Historial de datos: El HMI puede almacenar y mostrar datos históricos sobre el funcionamiento del sistema, como los niveles de agua a lo largo del tiempo o las horas de operación de la bomba, lo que facilita el análisis de tendencias y la toma de decisiones para mantenimiento preventivo.

Funcionalidades del HMI para el PLC:

1. Monitoreo en Tiempo Real

El HMI permite al operador visualizar de manera inmediata y clara los parámetros más críticos del sistema:

Niveles de agua dentro del tanque elevado.

Presión del sistema de bombeo.

Estado de las bombas (encendido/apagado) y válvulas (abiertas/cerradas). Esta información se presenta de manera visual, generalmente utilizando gráficos de barras o medidores. Además, los indicadores permiten saber en todo momento cómo están funcionando

los componentes clave del sistema, proporcionando al operador una visión integral del proceso.

2. Control de Parámetros

A través del HMI, los operadores pueden:

Ajustar los parámetros clave del sistema, como los niveles de consigna para los puntos máximos y mínimos del tanque. Esto permite modificar el comportamiento del sistema en función de las condiciones de operación, como la demanda de agua.

Realizar ajustes operativos en tiempo real para optimizar el llenado del tanque, adaptándose a cambios en la demanda o en las condiciones de presión.

3. Alarmas y Notificaciones

El HMI está equipado con un sistema de alarmas que alertan al operador sobre condiciones anómalas o eventos críticos:

Niveles de agua fuera de los límites establecidos.

Fallos en las bombas o en otros equipos esenciales.

Problemas de comunicación con el PLC. Las alarmas son tanto visuales como auditivas, lo que permite que el operador reaccione rápidamente para evitar problemas mayores.

4. Historial de Datos

El HMI almacena y visualiza datos históricos que incluyen:

Niveles de agua.

Estados de los componentes.

Eventos de alarmas. Estos datos son valiosos para el análisis posterior, permitiendo a los operadores e ingenieros identificar patrones,



optimizar el rendimiento y diagnosticar problemas recurrentes, lo que mejora la fiabilidad del sistema.

5. Interfaz Gráfica Intuitiva

La interfaz gráfica del HMI está diseñada para ser intuitiva y fácil de usar, con:

Iconos claros y menús accesibles.

Gráficos y Bosquejos de flujo para mostrar el proceso de llenado y las interacciones entre los componentes del sistema. Esta facilidad de uso permite a los operadores realizar ajustes y monitorear el sistema de manera rápida y eficiente, sin necesidad de formación extensa.

6. Control Remoto

En sistemas más avanzados, el HMI puede ofrecer control remoto, lo que permite al operador:

Acceder al sistema desde ubicaciones externas mediante internet o una red local.

Supervisar y controlar el sistema sin estar físicamente presente, ideal para gestionar múltiples tanques o ubicaciones.

7. Personalización y Escalabilidad

El HMI es altamente personalizable y escalable:

Los operadores pueden ajustar la interfaz para mostrar solo los datos relevantes para su operación.

La interfaz puede adaptarse a cambios futuros, como la integración de nuevos tanques, bombas o sensores, sin necesidad de una reestructuración completa.

8. Interacción con el PLC

El HMI se comunica de manera fluida con el PLC utilizando protocolos estándar como Modbus, Ethernet/IP o Profibus. Esta comunicación bidireccional asegura que:

Los datos del PLC (entradas/salidas) se actualicen en tiempo real en el HMI.

El HMI envíe comandos de control al PLC para garantizar una operación sincronizada y eficiente del sistema.

Servidor Web

Para (Chavarria & Gudiño, 2017) Un servidor web constituye un elemento fundamental en la estructura tanto de Internet como de redes privadas. Su función principal consiste en proporcionar contenido web a los usuarios que realizan solicitudes, generalmente mediante los protocolos HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) o su versión segura, HTTPS. Este componente se encarga de almacenar, gestionar y distribuir páginas web, archivos, aplicaciones y diversos recursos a los usuarios finales.

Figura 13:

Servidor XAMPP



Nota: Extraído de la página de <https://www.apachefriends.org/>

Características:

1. Soporte para Protocolos Diversos: Además de los protocolos HTTP y HTTPS, los servidores web pueden configurarse para manejar otros protocolos, tales como FTP

- (Protocolo de Transferencia de Archivos), SMTP (Protocolo Simple de Transferencia de Correo), entre otros.
2. **Compatibilidad con Tecnologías Web:** Los servidores web permiten la integración con diversos lenguajes y tecnologías, incluyendo PHP, Python, Ruby, JavaScript, así como estándares web como HTML5 y CSS3, lo que facilita el desarrollo de aplicaciones dinámicas e interfaces interactivas.
 3. **Administración de Sesiones:** Los servidores cuentan con la capacidad de controlar las sesiones de los usuarios, manteniendo el estado de la aplicación y proporcionando contenido personalizado acorde a cada usuario (Chavarria & Gudiño, 2017).

Figura 14:

Lenguajes de Compilación de servidor y Web



Nota: Extraído de la página de <https://www.cursosgis.com/>



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de carácter tecnológico, puesto que busca resolver un problema social vigente mediante la aplicación de conocimientos científicos y la integración de tecnologías avanzadas (Gallardo Echenique, 2017).

3.2. Nivel de investigación

De tipo aplicado, dado que esta investigación posee la capacidad de abordar una problemática específica y de implementarse de manera práctica (Gallardo Echenique, 2017).

3.3. Diseño de la investigación

Se trata de una investigación experimental, dado que se llevaron a cabo múltiples ensayos hasta lograr que el tablero estableciera la comunicación exitosa con el servidor (Gallardo Echenique, 2017).

3.4. Enfoque de la investigación

Cuantitativo, ya que se pretende demostrar una hipótesis con base a las mediciones de los sensores utilizados.

3.5. Objeto de la investigación

El enfoque de esta investigación se centra en los sistemas de bombeo de agua basados en una red industrial simple entre un PLC y un HMI, con el propósito de controlar el proceso y monitorear su desempeño en tiempo real. Al integrar un



PLC en el sistema de bombeo de agua, se obtiene la ventaja de contar con un sistema de seguridad para proteger los equipos de bombeo, ya que es posible conectar sensores en diversas Fases del proceso, tanto en el tanque de reserva como en el tanque de trabajo continuo.

3.6. Método de la investigación

De carácter científico, ya que se emplearán métodos de prueba y validación reconocidos y aceptados por la comunidad científica como fiables.

3.7. Técnicas e instrumentos

3.7.1. Técnicas:

- Revisión Bibliográfica
- Compilación de Embebidos

3.7.2. Instrumentos, recolección de datos:

- ✓ PLC con Servidor Web
 - Finder OPTA
 - Servidor web
 - Interfaz HMI

3.8. Simulación del prototipo

Para la simulación del prototipo, se empleó el software Proteus en la parte de hardware, mientras que el servidor web fue probado utilizando VS Code junto con PhpMyAdmin.

3.9. Delimitación de la investigación

3.9.1. Delimitaciones generales del trabajo de tesis

3.9.1.1. Alcance conceptual y funcional

- El trabajo se centra en el **análisis, diseño e implementación de un prototipo didáctico** de control automático para el llenado de tanques

elevados, basado en un PLC (Finder Opta), una HMI (servidor web en TABLET) y una PCB entrenadora.

- El objetivo principal es validar **la arquitectura de control**, la lógica de software (modos automáticos/manual, histéresis, interlocks y alarmas), la comunicación entre PLC–HMI–servidor y la funcionalidad educativa del entrenado; **no se pretende** en esta fase realizar una instalación industrial definitiva ni emitir certificaciones de conformidad para operación permanente en campo.

3.9.1.2. Alcance técnico

- En la etapa experimental se **simularon** los sensores ultrasónicos mediante potenciómetros y señales analógicas de 0–10 V, con lectura ADC a 12 bits. Esto permite validar la lógica de control y la interacción con la HMI, pero no sustituye pruebas con sensores ultrasónicos reales.
- La lógica de control implementada es de tipo **ON/OFF con histéresis** (control discreto). Se documenta la alternativa de control por VFD con comunicación Modbus/RS-485, pero la integración física completa con VFD y motores de potencia puede quedar fuera del alcance físico del prototipo.
- No se realiza, como parte del prototipo, el dimensionamiento final ni la instalación de una bomba de potencia real en campo; sin embargo, se entregan procedimientos y ejemplos de cálculo para su selección en una implementación real.

3.9.1.3. Alcance geográfico y contextos de aplicación

- El estudio se plantea y valida en un entorno de laboratorio y simulación con vistas a su aplicabilidad en contextos similares a la ciudad de Juliaca. Las conclusiones sobre condiciones de altitud (NPSH), calidad de agua, y condiciones operativas se explicitan como consideraciones que deberán validarse y adaptarse en cada sitio real.

3.9.1.4. Alcance temporal

- La tesis abarca las etapas de diseño, desarrollo, pruebas de laboratorio y validación funcional del prototipo en la fase de trabajo prevista en la memoria. Las pruebas de campo a escala real y la implementación comercial se consideran trabajo futuro o de transferencia tecnológica posterior a la tesis.

3.9.1.5. Limitaciones técnicas (lo que el trabajo no incluye)

- **Pruebas con sensores ultrasónicos comerciales en condiciones de campo:** la conversión tiempo-distancia real (compensación por temperatura) y el efecto del ruido en señales ultrasónicas no fueron evaluados en instalación real.
- **Dimensionamiento final de bombas y certificación electromecánica:** no se instaló ni verificó una bomba de potencia real con su arrancador/VFD en condiciones reales de servicio; los cálculos presentados son demostrativos y de apoyo para la etapa de implementación.
- **Pruebas de larga duración y envejecimiento:** el prototipo fue validado funcionalmente en laboratorio; no se realizaron pruebas

extendidas de desgaste, fatiga o envejecimiento en condiciones reales.

- **Condiciones extremas ambientales y de instalación:** no se evaluaron en detalle condiciones como presencia elevada de sólidos en agua, corrosión avanzada, variaciones térmicas extremas a largo plazo o interferencias electromagnéticas en instalaciones industriales complejas.

3.9.1.6. Delimitaciones metodológicas

- **Enfoque experimental:** predomina la simulación y la bancada didáctica; la metodología privilegia la verificación funcional de la lógica y comunicaciones antes que la verificación de desempeño hidráulico en campo.
- **Datos y mediciones:** las series temporales, registros y análisis se basan en datos generados por el prototipo y la base de datos de prueba; se aclara la diferencia entre datos de simulación y datos medidos en campo.

3.9.1.7. Supuestos explícitos empleados en la tesis

- Las señales analógicas 0–10 V generadas por potenciómetros representan proporcionalmente la variable física (nivel) y son suficientemente representativas para validar la lógica de control.
- El PLC y la HMI mantienen la confiabilidad funcional en la plataforma de pruebas (sin pérdidas frecuentes de comunicación durante las pruebas realizadas).
- Las pérdidas de carga, fricciones y la dinámica hidráulica empleadas en ejemplos numéricos son estimativas; la selección final de equipos debe basarse en curvas reales y mediciones in situ.

3.9.1.8. Delimitaciones para una implementación práctica (qué queda fuera y debe planearse en fase siguiente)

- **Levantamiento topográfico y mediciones de sitio:** cálculo real de alturas, cotas, NPSHa y verificación del nivel freático; estos deben realizarse en obra antes de seleccionar la bomba final.
- **Pruebas de compatibilidad electromagnética y aislamiento:** para instalaciones con cableado extenso o en entornos industriales ruidosos, se requiere diseño de canalizaciones y aislamiento que el prototipo no contempla.
- **Seleccionar e instalar sensores reales:** elección entre salidas 4–20 mA o 0–10 V, protección de campo, calibración y compensación por temperatura (para sensores ultrasónicos).
- **Verificación del VFD y motor en sitio:** evaluación de curvas motor-bomba, ajuste de rampas, protección contra sobrecorriente y balanceo N+1 con bombas de reserva.
- **Licencias, normas y seguridad:** dimensionamiento de tablero con protecciones normativas, puesta a tierra profesional, y documentación para inspección de la entidad reguladora local (si procede).

3.9.1.9. Mitigación de limitaciones (recomendaciones para minimizar riesgos al pasar a implementación)

- Para cubrir la limitación de sensores: realizar una campaña de adquisición y pruebas de al menos **3 sensores ultrasónicos comerciales** en la instalación objetivo, contrastando salidas (0–10 V, 4–20 mA, digital) y aplicando la corrección por temperatura.
- Para el dimensionamiento de bombas: ejecutar mediciones in situ (caudal y altura real) y solicitar curvas bomba-sistema al proveedor; validar NPSHa y escoger bombas sumergibles o de bajo NPSHr si corresponde (especialmente por la altitud de Juliaca).
- Para robustez de señal: cuando exista cableado largo, migrar a **4–20 mA** o añadir transmisores aislados y módulos acondicionadores en la PCB.

- Para seguridad eléctrica: diseñar un tablero con protecciones adecuadas (interruptor termomagnético, relé térmico, contactores con enclavamientos, protección diferencial) y validar con un electricista colegiado.

3.9.1.10. Criterios de validez y alcance de las conclusiones

- Las conclusiones relacionadas con la **funcionalidad del lazo de control, la lógica implementada y la interacción PLC–HMI–servidor** son válidas dentro del marco de la simulación y las pruebas realizadas en laboratorio.
- Las conclusiones relacionadas con la **viabilidad técnica** se consideran sólidas en términos conceptuales, pero condicionadas a la verificación y ajuste en obra real (dimensiones hidráulicas, NPSH, compatibilidad de sensores, condición eléctrica).
- Cualquier extrapolación a instalaciones industriales de escala mayor deberá realizarse solo después de un estudio de ingeniería de detalle y pruebas in situ.

3.10. Ámbito de estudio

Esta investigación se realizó en la ciudad de Juliaca, ubicada en la provincia de San Román, departamento de Puno, y está dirigida especialmente a los hogares de dicha localidad.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC

A. Para implementar la PCB de simulación de elaboró

1. Fase de envío y recepción de datos por WIFI por PLC
2. Fase de Relevadores Incorporados
3. Fase de censado de nivel de agua con potenciómetro
4. Fase de control manual de activación de electroválvulas y electrobomba
5. Fase de elevación de voltaje (UPS 18650 y StepUp)

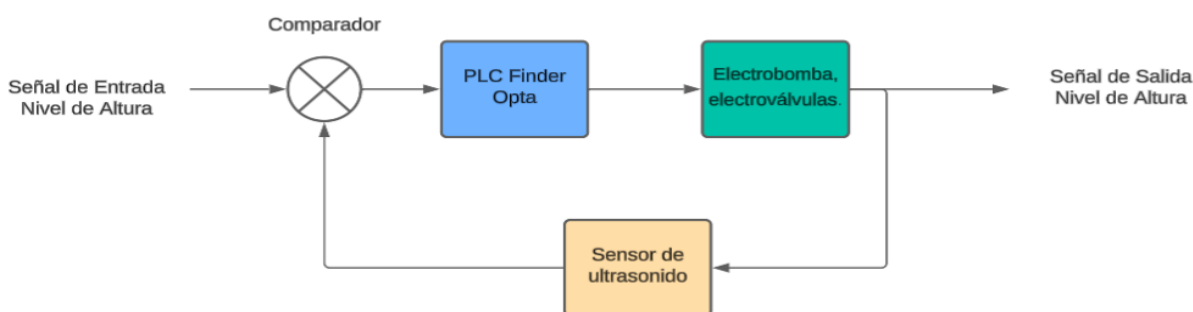
B. Para la Ejecución del HMI fue necesario elaborar

1. Servidor Web – HMI

4.1. Control de Lazo Cerrado

Figura 15:

Diagrama del Control de Lazo Cerrado



Nota: Realizado por el tesista

4.1.1. Controlador

Qué es: El controlador es el elemento lógico y de decisión del lazo. En tu proyecto corresponde al PLC (Finder Opta) y a los componentes software/firmware que ejecutan la estrategia de control (modos automáticos/manual, histéresis, interlocks, alarmas), junto con la capa de supervisión que incluye la HMI y el servidor web.

Descripción funcional (qué hace):

- Recibe las mediciones enviadas por los sensores, interpreta el estado del sistema y toma decisiones de control según la lógica implementada (encendido/apagado de bombas, apertura/cierre de válvulas, gestión de alarmas y conmutación de modos).
- Envía las señales de actuación hacia los elementos de potencia (relés, contactores o un VFD) para accionar la bomba y las válvulas.
- Gestiona la comunicación y telemetría: publica lecturas en la base de datos/servidor y recibe comandos remotos desde la HMI o la interfaz web.
- Supervisa condiciones de seguridad y ejecuta secuencias de protección (por ejemplo, inhibir arranque si detecta condición de marcha en seco o fallo de comunicación).
- Permite intervención manual mediante botones físicos o la HMI, aplicando una política de prioridades (manual vs automático).

4.1.2. Proceso (planta)

Qué es: El proceso o planta es el sistema físico que se pretende controlar: la instalación hidráulica completa (bomba y motor, tuberías, válvulas, tanque elevado y elementos mecánicos/eléctricos asociados). En tu prototipo esto incluye también los actuadores (relés, contactores) que conectan el controlador con la carga real.

Descripción funcional (qué hace):

- Constituye la parte física que modifica el valor de la variable regulada (nivel del tanque). La bomba impulsa agua desde la fuente hacia el tanque; las válvulas direccionan o cortan el flujo; la tubería y accesorios determinan las pérdidas y la dinámica del sistema.
- Integra elementos de actuación (relés o un variador de frecuencia) que reciben órdenes del controlador y transforman esas órdenes en trabajo mecánico (movimiento de fluido).
- Incluye subsistemas de soporte: alimentación eléctrica, protecciones (fusibles, arrancadores, UPS para la electrónica de control) y dispositivos auxiliares que influyen en la respuesta dinámica (filtros, válvulas de retención).
- En la arquitectura con variador (VFD), parte de la gestión de potencia y rampa de velocidad se delega al VFD que actúa en serie con la bomba; el PLC manda consignas y supervisa estados.

4.1.3. Sensor

Qué es: El sensor es el elemento que mide la variable de proceso y devuelve una señal al controlador para cerrar el lazo. En tu borrador el sensor principal es el sensor de nivel ultrasónico (en la fase de prototipo simulado por potenciómetros), complementado por otros instrumentos de supervisión (presostatos, caudalímetros o sensores de corriente en motor).

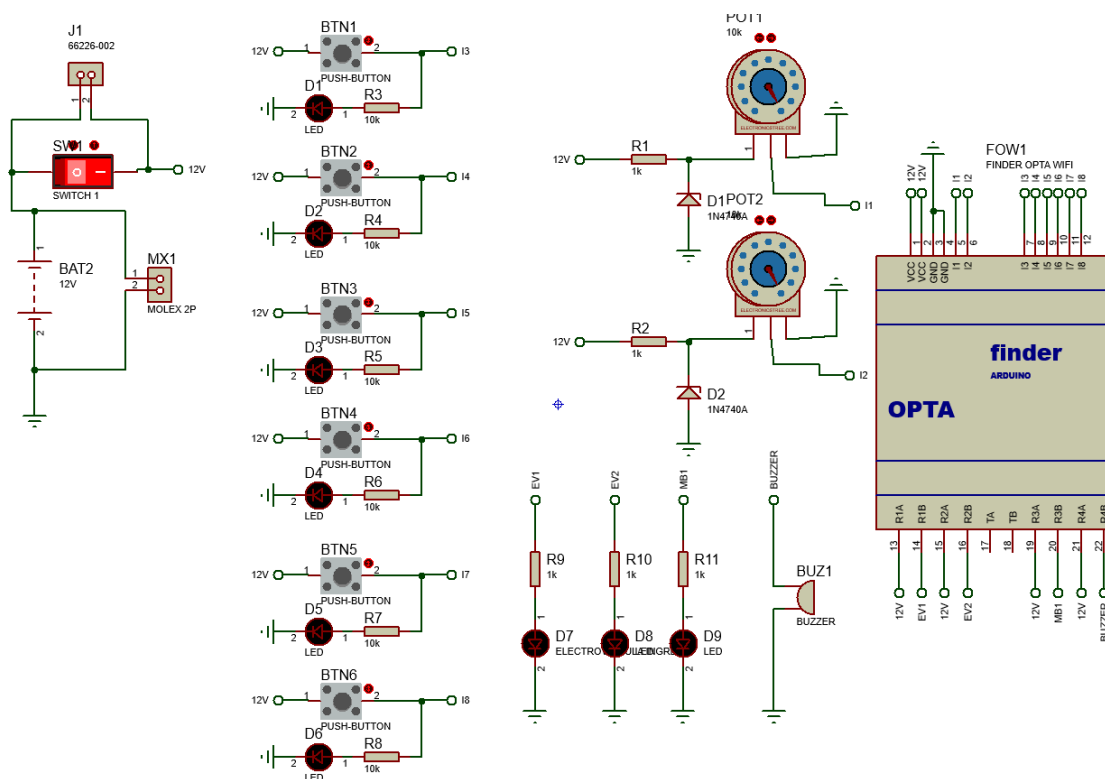
Descripción funcional (qué hace):

- Mide la variable física de interés (nivel del tanque, presión o caudal) y transforma esa magnitud en una señal eléctrica que el controlador puede leer.

- Proporciona realimentación continua para que el PLC compare el valor medido con los puntos de consigna y decida las acciones de control.
- Aporta señales de estado y protección (por ejemplo, detección de nivel crítico, detección de marcha en seco mediante sensor de flujo o corriente) que alimentan las rutinas de seguridad.
- En el prototipo didáctico, la salida del sensor se simuló como una señal analógica de laboratorio para facilitar pruebas; en la implementación real se describe cómo esa señal puede ser analógica (tensión o corriente) o digital/serial, y qué acondicionamiento requiere.

Figura 16:

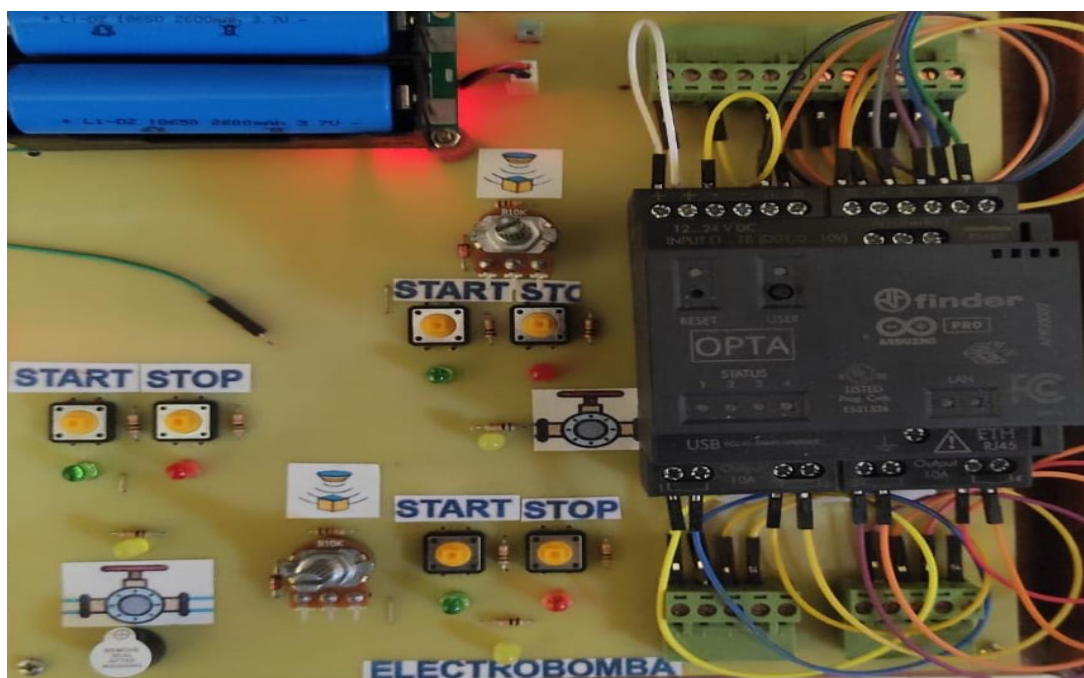
Bosquejo Electrónico general



Nota: Realizado por el tesista

Figura 17:

PCB de Simulación

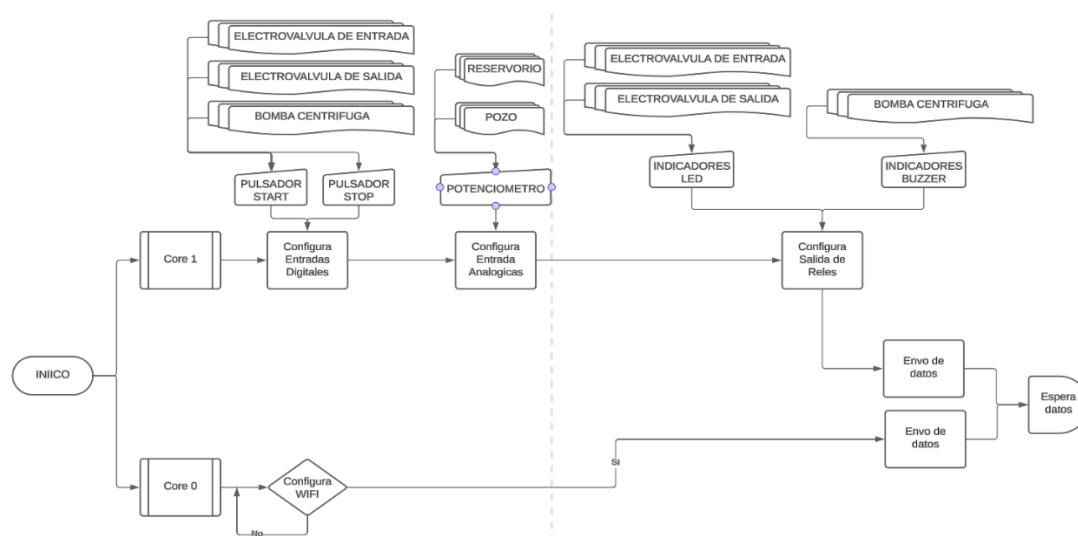


Nota: Realizado por el tesista

A. Bosquejo de bloques de la Seteo del análisis y diseño del sistema automático para el llenado de tanque elevado con PLC

Figura 18:

Bosquejo de bloques de la Seteo del análisis y diseño del sistema automático para el llenado de tanque elevado con PLC



Nota: Realizado por el tesista

El FINDER OPTA se configura para la utilización de sus dos Coress:

El núcleo 1, se encarga de los siguientes procesos:

1. **Pulsadores**, para el control manual se configura 6 entradas para el pulsador manual tanto de las electroválvulas como de la electrobomba.
2. **Relevadores**, se configura los cuatro relevadores internos de 12 Vdc.
3. **Potenciómetros**, para simular la variación de sensores de ultrasonido se dispondrá de dos potenciómetros variables para la entrada de nivel del POZO y RESERVORIO.

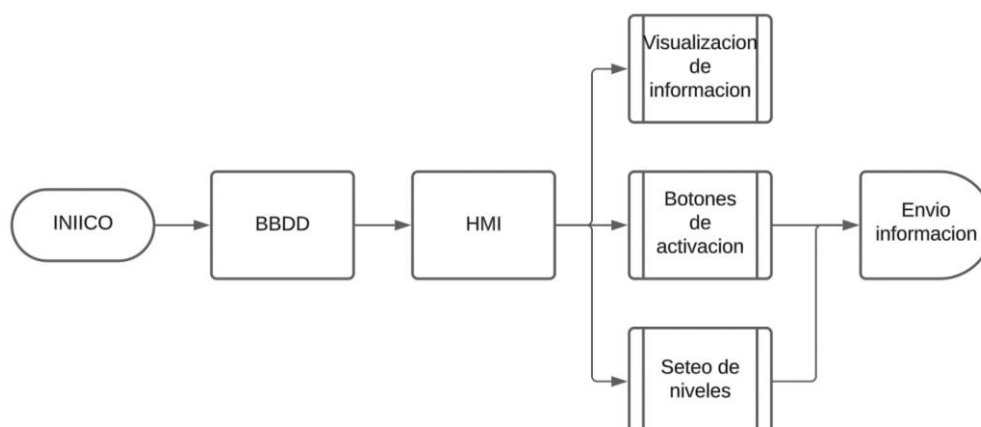
El núcleo 0, se encarga de los siguientes procesos:

1. **Transmisión de datos**: Se configura la conexión WiFi para enviar la información capturada por los tres sensores al archivo PHP (esp-post.php) alojado en el servidor web.
2. **Recepción de datos**: También se establece la conexión WiFi, manteniéndose en espera de los datos de activación que controlan los relevadores.

B. Bosquejo de bloques de la Seteo del HMI y Servidor Web

Figura 19:

Bosquejo de Seteo del HMI y servidor web



Nota: Realizado por el tesista

1. **Base de Datos (BBDD):** Se diseñó una base de datos con 8 columnas utilizando la interfaz de PhpMyAdmin, destinada al almacenamiento de la información recopilada.
2. **Interfaz Hombre-Máquina (HMI):** Está conformada por tres partes principales:
 - a. **Visualización:** Permite mostrar los datos almacenados en la base de datos correspondientes a los potenciómetros e indicadores.
 - b. **Botones:** Similar a un panel de control, incluye botones START y STOP para manejar cada electroválvula y electrobomba

4.2. Seteo de la Fase de envío y recepción de datos por WIFI por PLC

FINDER OPTA tiene comunicación WIFI incorporada de 2,4 GHz y es capaz de enviar y recibir mensajes. Esto requiere el uso de archivos PHP externos, por lo que se requiere una fuente de alimentación estable.

4.2.1. Bosquejo electrónico del circuito

Figura 20:

Bosquejo Electrónico del FINDER OPTA

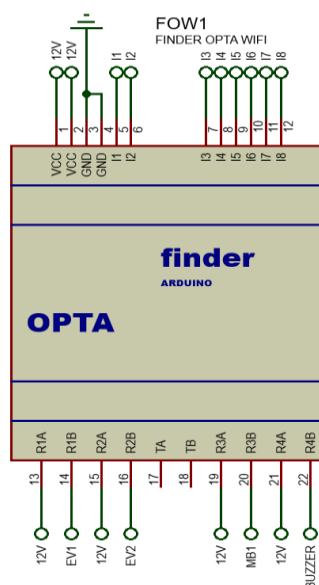


Figura 21:*Ejecución del PLC FINDER OPTA*

4.2.2. Compilación de Seteo del envío y recepción de datos por WIFI del PLC

Finder OPTA

Figura 22:*Compilación para envío de datos por WIFI del PLC Finder OPTA*

```
#include <Arduino.h>
#include <WiFi.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <ArduinoHttpClient.h>
#include "opta_info.h"

#include "arduino_secrets.h"

static rtos::Thread MIDSThread;
// the IP address for the shield:
IPAddress ip(192, 168, 100, 39);

OptaBoardInfo *info;
OptaBoardInfo *boardInfo();

WiFiClient wifi;
WiFiServer server(80);
HttpClient client = HttpClient(wifi, serverAddress, port); // IP address and po
int status = WL_IDLE_STATUS;

// Connect to Wi-Fi
WiFi.config(ip);
WiFi.begin(ssid, pass);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

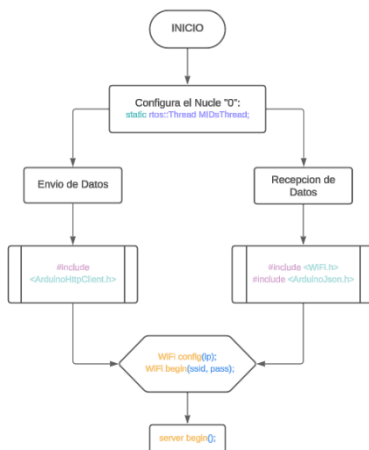
    digitalWrite(LED1, HIGH);
    Serial.print("Conectandose a la red denominada: ");
    Serial.println(ssid); // print the network name (SSID);
    delay(300);
    digitalWrite(LED1, LOW);
    delay(300);
}
delay(500);
Serial.print("Conectada a la red: ");
Serial.println(ssid); // print the network name (SSID);
// print the SSID of the network you're attached to:
Serial.print("SSID: ");
Serial.println(WiFi.SSID());
```

Nota: Realizado por el tesista

4.2.3. Bosquejo de bloques de la Seteo del envío y recepción de datos por WIFI del PLC Finder OPTA

Figura 23:

Bosquejo de bloques del envío y recepción de datos por WIFI del Finder OPTA



Nota: Realizado por el tesista

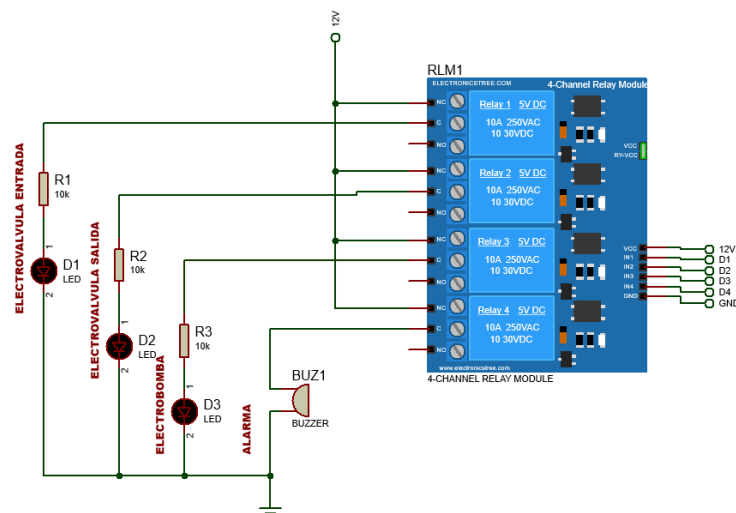
4.3. Fase de Relevadores incorporados

Para la activación de los indicadores de las electroválvulas y la bomba centrífuga, es necesario la utilización de módulos relevadores que incorpora el mismo PLC.

4.3.1. Bosquejo electrónico del circuito de Relevadores

Figura 24:

Bosquejo Electrónico de los relevadores



Nota: Realizado por el tesista

Figura 25:

Ejecución del módulo relevador de cuatro canales del PLC Finder OPTA



Nota: Realizado por el tesista

4.3.2. Compilación de Seteo de la Fase de los relevadores

Figura 26:

Compilación de los cuatro relevadores incorporador en el PLC Finder OPTA

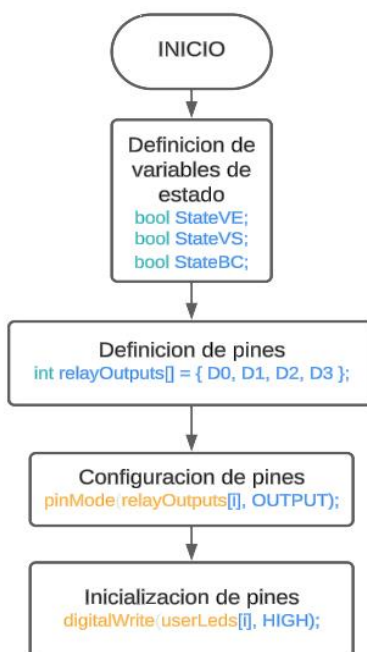
```
bool StateVE;  
bool StateVS;  
bool StateBC;  
// Pines de los leds  
int userLeds[] = { LED_D0, LED_D1, LED_D2, LED_D3 };  
int relayOutputs[] = { D0, D1, D2, D3 };  
const int numRelays = 4;  
for (int i = 0; i < numRelays; i++) {  
    // Sets the mode of the relays and user LEDs as output  
    pinMode(relayOutputs[i], OUTPUT);  
}  
  
for (int i = 0; i < 4; i++) {  
    pinMode(userLeds[i], OUTPUT);  
}  
  
for (int i = 0; i < 4; i++) {  
    digitalWrite(userLeds[i], HIGH);  
    delay(50);  
    digitalWrite(userLeds[i], LOW);  
    delay(50);  
}
```

Nota: Realizado por el tesista

4.3.3. Bosquejo de bloques de la Seteo de los relevadores

Figura 27:

Bosquejo de bloques de la Seteo de los relevadores



Nota: Realizado por el tesista

4.4. Fase de censado de nivel de agua con potenciómetros

Para simular el censado del nivel de agua tanto del pozo como del reservorio fue necesario la utilización de un divisor de tensión con una resistencia variable en serie.

4.4.1. Análisis del circuito divisor de tensión

El PLC Finder OPTA tiene configurado su entrada digital con las siguientes características:

Figura 28:

Características del PLC Opta – entradas digitales

Characteristics	Details
Digital Input voltage	0...24V
Digital Input voltage logic level	VIL Max: 4.46 VDC. VHL Min: 6.6 VDC
Digital Input current	1.12mA at 10V
Digital Input frequency	4.5 kHz
Cycle time for analog input acquisition	10 µs

Nota: Realizado por el tesista

Adema el PLC tiene que tener un suministro de energía constante entre 12 – 24V, ello también es necesario para la activación de los Relay incorporados de 12V, según las siguientes características:

Figura 29:

Características del PLC Opta – entradas digitales

Characteristics	Details
Supply Voltage	12...24 VDC
Inputs	8x Analog/Digital inputs
Outputs	4x Relays - Normally Open (NO) - Max: 10A each
Processor	Dual-core ST STM32H747XI Processor
Program Memory	1 MB of RAM
Flash Memory	2 MB
Flash QSPI Interface	16 MB Flash QSPI. Shared between manufacturer's internal usage and data logging
Programming method	Arduino + IEC-61131-3 (LD - SFC - FBD - ST - IL)
USB Connectivity	Host and Device operation, Programming/Flashing, Power delivery for programming (Not intended to drive external high-power peripherals)
Communication	Ethernet, RS-485 (AFX00001 & AFX00002), Wi-Fi® 2.4 GHz and Bluetooth® LE 4.2 supported by firmware, 5.1 supported by hardware (AFX00002)
RTC	~10 days, NTP sync through Wi-Fi® (AFX00002 only) or Ethernet
Security	ATECC608B Crypto Microchip®
Degree of Protection	IP20
Certifications	cULus, ENEC, FCC, CE, CB, UKCA

Nota: Realizado por el tesista

Para cumplir los requisitos es necesario realizar un divisor de tensión con una entrada de 12V y salida de 10V.

4.4.2. Tipo principal

Control discreto ON/OFF (control por histéresis / “bang-bang”) para el llenado de tanque basado en **niveles** medidos (sensores ultrasónicos simulados por potenciómetros), con **modo manual** (START/STOP de bombas/válvulas) y **modo remoto/HMI** (seteo de consigna / control por servidor web). **Funciones auxiliares:** comunicación bidireccional Wi-Fi entre PLC y HMI/servidor, registros en BD, alarmas (buzzer), protección básica de secuencia (interlocks) y alimentación redundante/UPS para continuidad. Evidencias: uso de potenciómetros para nivel, relés para actuadores, entradas START/STOP, SP/SR en HMI, envío/recepción WiFi.

4.4.2.1. Entrada de señales (sensado)

- **Sensores de nivel:** en el prototipo se simulan sensores ultrasónicos mediante **potenciómetros** conectados a entradas analógicas del

PLC (A0, A1). El acondicionamiento incluye divisor y zener para estabilizar a 0–10 V y se configura `analogReadResolution(12)` para lectura de 12 bits. Esto permite mapear el voltaje leído a un porcentaje o nivel físico.

- **Entradas digitales:** pulsadores configurados en PULLUP para START/STOP en control manual (6 botones: 3 START y 3 STOP).

4.4.2.2. Actuadores

- **Relés internos del PLC Finder OPTA** (4 relés) controlan la **electrobomba** y las **electroválvulas** (entrada/salida). Además, hay LEDs indicativos y un buzzer para alarmas de bajo nivel.

4.4.2.3. Lógica de control (estrategia)

- **Modo automático (principal):**
 - Se definen **puntos de consigna** (SetPoints): por ejemplo SP_pozo y SR_reservorio (se muestran en HMI). El control opera en base a comparaciones analógicas: si `nivel_pozo < SP_MIN` → arrancar bomba/abrir válvula (según arquitectura); si `nivel_pozo > SP_MAX` → detener bomba/cerrar válvula. Para evitar conmutaciones rápidas se aplica **histéresis** (zona muerta) entre SP_MIN y SP_MAX. El HMI permite ajustar estos setpoints (#SP, #SR).
 - Se implementan **interlocks de seguridad**: p. ej., si `nivel_reservorio` es crítico (muy bajo), inhibir arranque para proteger bomba; si hay fallo de comunicación o alimentación, habilitar alarma y pasar a estado seguro (parada). (El

borrador ya registra buzzer y registros de alarmas; conviene documentar las condiciones exactas).

- **Modo manual:** el operador puede forzar las salidas con START/STOP físicos o via HMI; la lógica prioriza la acción manual según la política que definas (p. ej. manual > automático o automático > manual con confirmación). El borrador describe las entradas y subrutinas para START/STOP.
- **Control remoto/HMI:** la comunicación Wi-Fi (núcleo 0 del Opta) envía las lecturas al servidor (plc-post.php) y recibe comandos de control que modifican el estado de relés o setpoints; la HMI actualiza indicadores y envía comandos START/STOP/SET. El sistema emplea una BD (tabla sall) para historizar.

4.4.2.4. Arquitectura concurrente

- El Finder Opta se usa en modo **multiproceso**: un núcleo dedicado a E/S y lógica de control local (lectura y manejo de relés), otro núcleo dedicado a comunicaciones Wi-Fi (envío plc-post.php y recepción de comandos). Esto evita bloqueos y garantiza que la seguridad local no dependa exclusivamente de la conexión remota.

4.4.2.5. Mecanismos de seguridad y robustez

- **Protección por software:** secuencias de arranque/parada con temporizaciones, verificación de condiciones antes de arrancar (nivel mínimo, comprobación de alimentación), alarmas y bloqueo en caso de condiciones anormales. (En tu borrador existe buzzer e indicadores; hay que detallar las condiciones que disparan cada alarma).

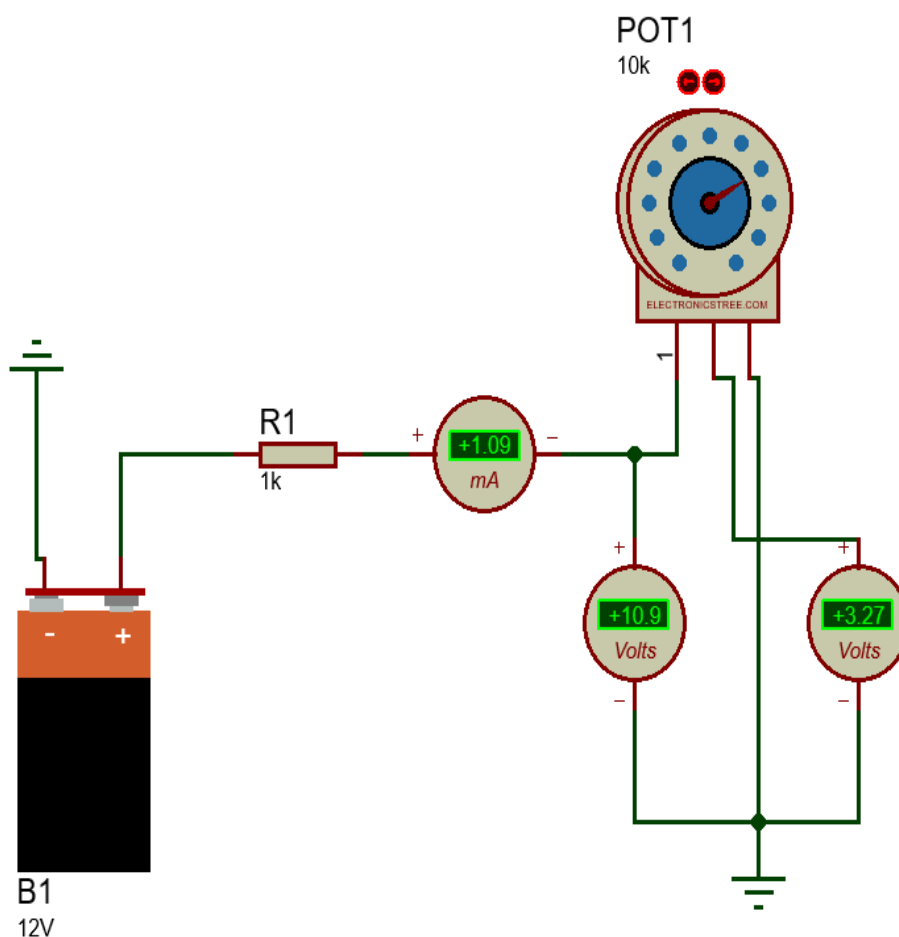
- **Protección por hardware:** UPS con baterías 18650 y StepUp para asegurar 12 V estable al PLC y relés; protección de entradas con diodo Zener.

4.4.2.6. Telemetría y registro

- Envío periódico de lecturas analógicas y estados al servidor web (plc-post.php) y almacenamiento en tabla sall, permitiendo histórico y análisis posterior (trending, detección de fallos, T.M.F. etc.).

Figura 30:

Circuito divisor de tensión de 12V a 10V



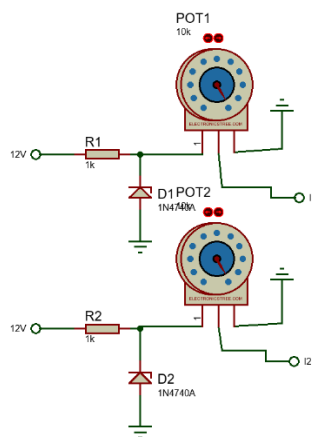
Nota: Realizado por el tesista

Con el divisor de tensión se requiere una resistencia de 1k ohms y un potenciómetro de 10k para tener un valor de 10V.

4.4.3. Bosquejo electrónico del circuito de censado de nivel de agua con potenciómetro

Figura 31:

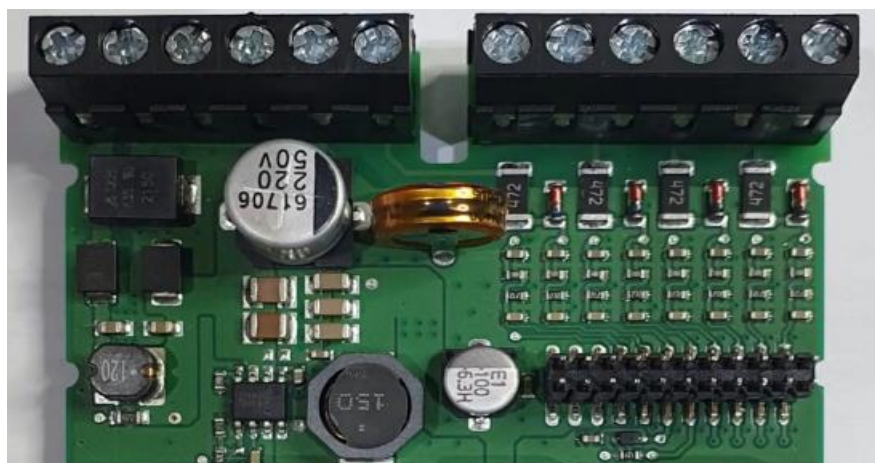
Bosquejo Electrónico del circuito de censado de nivel de agua con potenciómetro



Nota: Realizado por el tesista

Figura 32:

Ejecución del módulo de entrada analógicas del PLC Finder OPTA



Nota: Realizado por el tesista

4.4.4. Compilación de Seteo de la Fase de censado de nivel de agua

Para el Compilación de envío de datos fue necesario realizar una subrutina:

- Seteo de la resolución de las entradas analógicas:
 - analogReadResolution(12);
- Creación de las funciones de lectura de los potenciómetros en los pines, A0 y A1

- i. float tan_pozo()
- ii. float tan_elevado()

Figura 33:

*Compilación para los dos potenciómetros analógicos conectados al PLC Finder
OPTA*

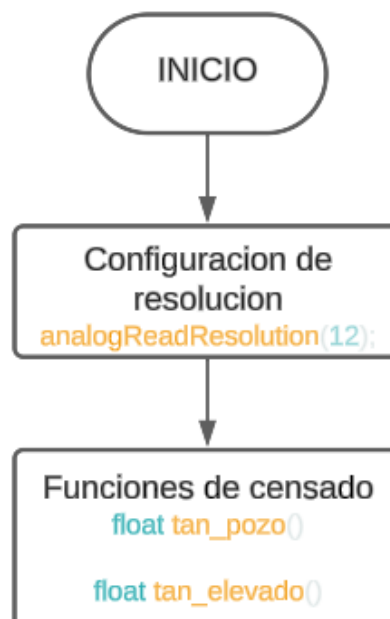
```
analogReadResolution(12);  
  
float tan_pozo() {  
    int v = analogRead(A1);  
    float volt = map(v, 0, 4096, 0, 10000) / 1000.0;  
    //Serial.println(volt);  
    return volt;  
    //delay(50);  
}  
  
float tan_elevado() {  
    int v = analogRead(A0);  
    float volt = map(v, 0, 4096, 0, 10000) / 1000.0;  
    //Serial.println(volt);  
    return volt;  
    //delay(50);  
}
```

Nota: Realizado por el tesista

4.4.5. Bosquejo de bloques de la Seteo de las entradas analógicas

Figura 34:

*Bosquejo de bloques de la Seteo de las entradas analógicas del PLC Finder
OPTA*



Nota: Realizado por el tesista

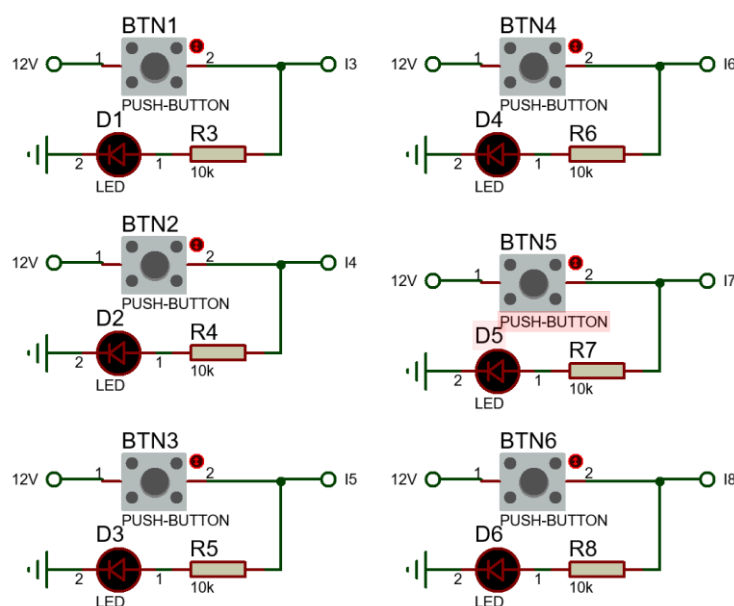
4.5. Fase de control manual de activación de electroválvulas y electrobomba

Para simular un tablero de control se optó por realizar el conexionado de pulsador en Seteo PULLUP para el START y STOP de las dos electroválvulas y electrobombas, cada START y STOP tiene un indicador LED.

4.5.1. Bosquejo electrónico del circuito de control manual

Figura 35:

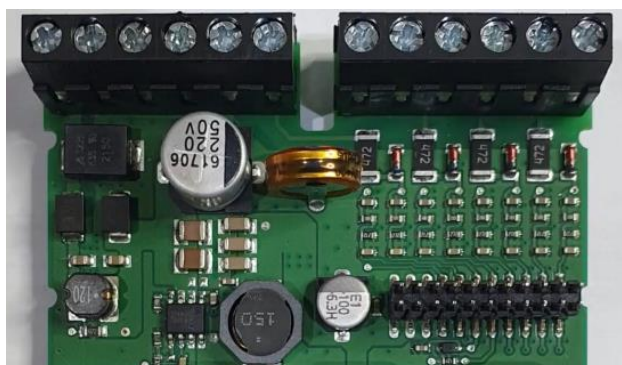
Bosquejo Electrónico del circuito de control manual



Nota: Realizado por el tesista

Figura 36:

Ejecución del módulo de entrada digitales del PLC Finder OPTA



Nota: Realizado por el tesista

4.5.2. Compilación de Seteo de la Fase de control manual

Figura 37:

Compilación para los tres botones del control manual

```
void handleButton(int buttonPin, bool &buttonState, unsigned long &lastDebounceTime, int ledPin, bool state,
//Serial.println("A");
if (millis() - lastDebounceTime > debounceDelay) {
//Serial.println("B");
if (digitalRead(buttonPin) == HIGH) {
//state = !state; //!buttonState;
lastDebounceTime = millis();
//digitalWrite(ledPin, state ? HIGH : LOW);
digitalWrite(ledPin, state);
//Serial.println("C");
Serial.println(buttonPin);
switch (buttonPin) {
case 17:
StateVE = 1;
break;
case 18:
StateVE = 0;
break;
case 19:
StateVS = 1;
break;
case 20:
StateVS = 0;
break;
case 21:
StateBC = 1;
break;
case 22:
StateBC = 0;
break;
}
Serial.println((String)StateVE + " " + (String)StateVS + " " + (String)StateBC);
}
}

/*-----Seteo de configu
unsigned long debounceDelay = 10;

#define START_VE A2
bool buttonState1 = false;
unsigned long lastDebounceTime1 = 0;
static bool ledState1 = true;

#define STOP_VE A3
bool buttonState2 = false;
unsigned long lastDebounceTime2 = 0;
static bool ledState2 = false;

#define START_VS A4
bool buttonState3 = false;
unsigned long lastDebounceTime3 = 0;
static bool ledState3 = true;

#define STOP_VS A5
bool buttonState4 = false;
unsigned long lastDebounceTime4 = 0;
static bool ledState4 = false;

#define START_BC A6
bool buttonState5 = false;
unsigned long lastDebounceTime5 = 0;
static bool ledState5 = true;

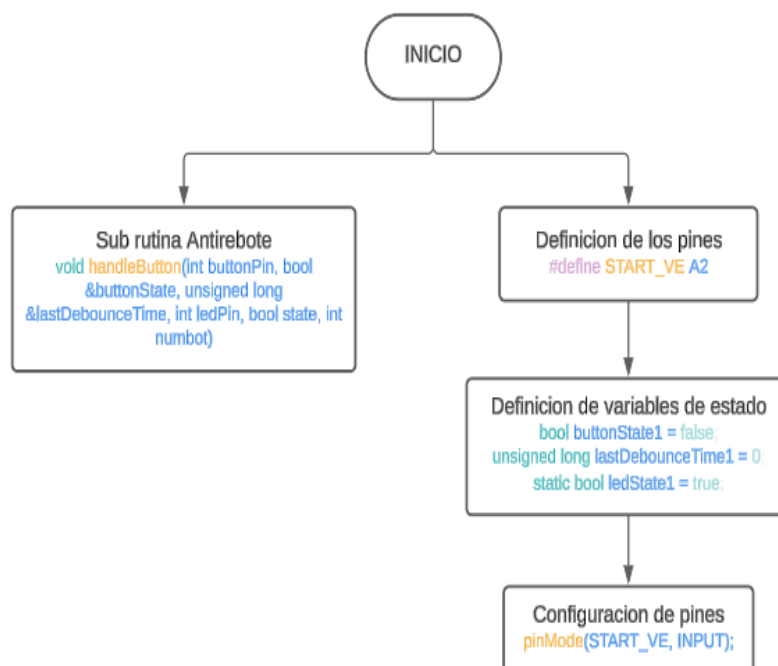
#define STOP_BC A7
bool buttonState6 = false;
unsigned long lastDebounceTime6 = 0;
static bool ledState6 = false;
```

Nota: Realizado por el tesista

4.5.3. Bosquejo de bloques de la Seteo de los botones de control manual

Figura 38:

Bosquejo de bloques de la Seteo de los botones del control manual



Nota: Realizado por el tesista

4.6. Fase de elevación de voltaje (UPS 18650 y StepUp)

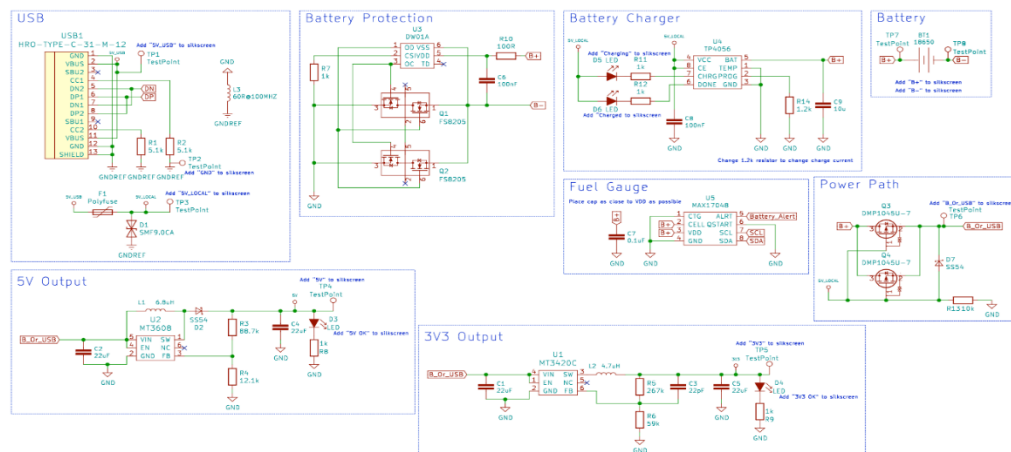
Para poder suministrar de energía al PLC, Leds, botones y Relay es necesario tener una fuente de 12Vdc, por ello se opto por un UPS con dos baterías 18650 a 2600 mAh acondicionado con un StepUp para elevar el voltaje de 3.7V a 12Vdc.

4.6.1. Bosquejo electrónico del circuito de la Fase de carga de las baterías

18650

Figura 39:

Bosquejo Electrónico del circuito del carga de la batería 18650



Nota: Extraído de la página de

https://www.reddit.com/r/PrintedCircuitBoard/comments/tz8haf/schematic_review_18650_liion_charger_circuit/#lightbox

Figura 40:

Bosquejo Electrónico del UPS 18650



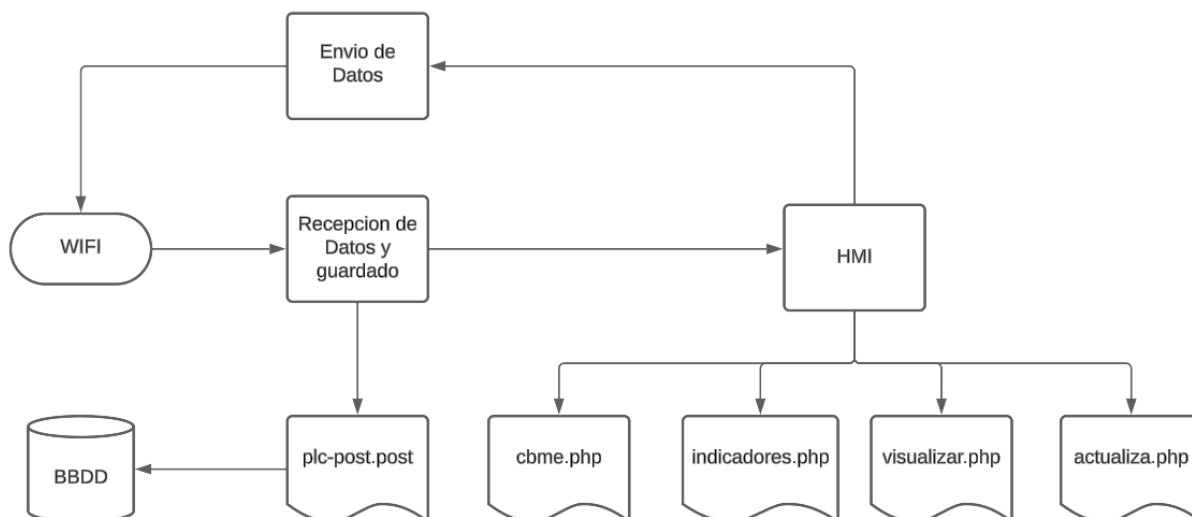
Nota: Extraído de la página de <https://navlampmechatronics.com/>

4.7. Servidor Web – HMI

4.7.1. Bosquejo de bloques de los componentes del HMI

Figura 41:

Bosquejo de bloques de los componentes del HMI



Nota: Realizado por el tesista

4.7.2. Base de datos

- A. Para guardar la información, se desarrolló una base de datos utilizando el paquete XAMPP y su herramienta gráfica phpMyAdmin, en la cual se creó una base llamada “CBME” que contiene una tabla identificada como “sall”.

Figura 42:

Base de datos y tablas en phpMyAdmin

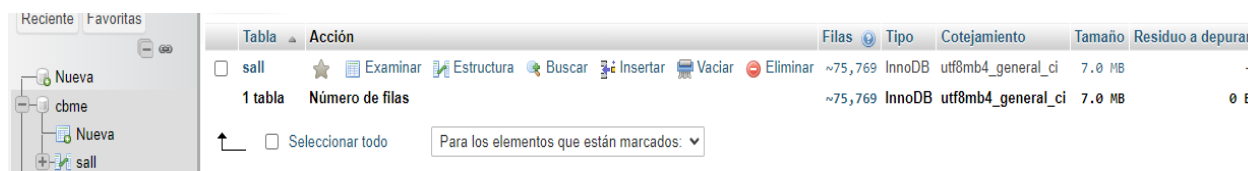


Tabla	Acción	Filas	Tipo	Cotejamiento	Tamaño	Residuo a depurar
sall	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	~75,769	InnoDB	utf8mb4_general_ci	7.0 MB	-
1 tabla	Número de filas	~75,769	InnoDB	utf8mb4_general_ci	7.0 MB	0 B

Nota: Realizado por el tesista

- B. La tabla incluye múltiples columnas diseñadas para registrar la información recibida desde el PLC Finder OPTA.

- ID
- ES_IA

- c. ES_SA
- d. ES_B1
- e. SU1_CH
- f. SU2_CH
- g. FECHA
- h. HORA

Figura 43:

Estructura de la tabla "sall"

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra	Acción
☐ 1	ID	int(255)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT	Cambiar Eliminar Más
☐ 2	ES_IA	varchar(2)	utf8mb4_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
☐ 3	ES_SA	varchar(2)	utf8mb4_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
☐ 4	ES_B1	varchar(2)	utf8mb4_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
☐ 5	SU1_CH	varchar(8)	utf8mb4_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
☐ 6	SU2_CH	varchar(8)	utf8mb4_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
☐ 7	FECHA	varchar(10)	utf8mb4_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
☐ 8	HORA	varchar(10)	utf8mb4_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más

Nota: Realizado por el tesista

Recepción de datos y guardado – plc-post-php

A. Para recibir los datos enviados por el PLC, se desarrolló una subrutina encargada de capturar y almacenar la información en la base de datos, utilizando el método \$_POST.

1. \$ES_IA = \$_POST["ES_IA"];
2. \$ES_SA = \$_POST["ES_SA"];
3. \$ES_B1 = \$_POST["ES_B1"];
4. \$SU1_CH = \$_POST["SU1_CH"];
5. \$SU2_CH = \$_POST["SU2_CH"];
6. \$FECHA = date("d-m-Y");
7. \$HORA = date("H:i:s");

B. Finalmente se agrupa los datos en una única variable "data" siguiendo la nomenclatura "".\$ES_IA."" para cada una de los datos.

Figura 44:

Sub rutina de captura y guardado en la BBDD

```

$ES_IA      = $_POST["ES_IA"];
$ES_SA      = $_POST["ES_SA"];
$ES_B1      = $_POST["ES_B1"];
$SU1_CH     = $_POST["SU1_CH"];
$SU2_CH     = $_POST["SU2_CH"];

date_default_timezone_set("America/Lima");
$FECHA      = date("d-m-Y");
$HORA       = date("H:i:s");

/*-----
/*-----GUARDAR DATOS-----

$data =      "".$ES_IA.""', ''.$ES_SA.""', ''.$ES_B1.""', ''.$SU1_CH.
            ""', ''.$SU2_CH.""', ''.$FECHA.""', ''.$HORA.""';

```

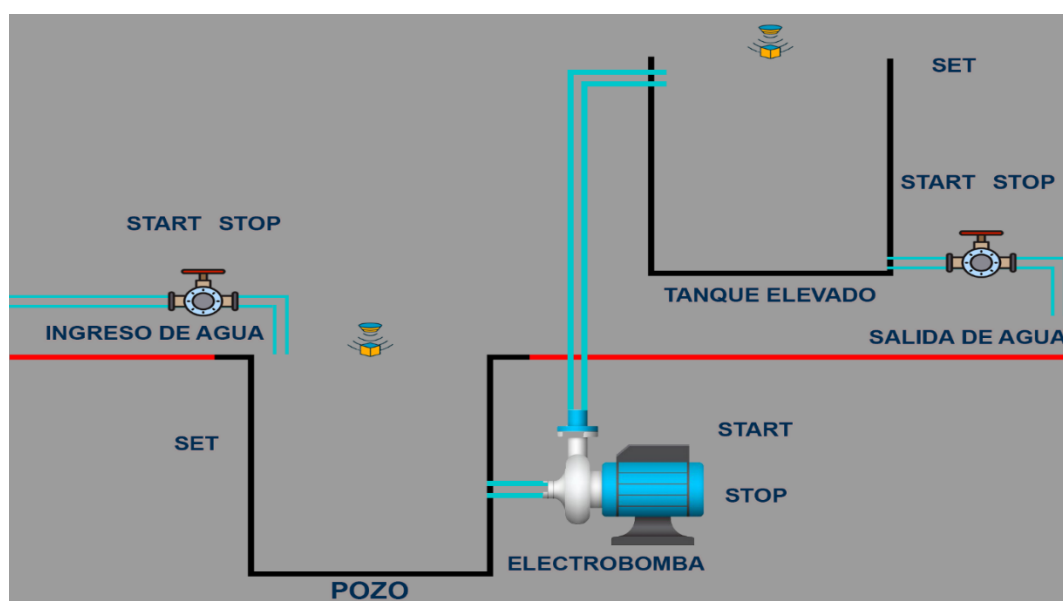
Nota: Realizado por el tesista

Pantalla principal – cbme.php

Para la pantalla principal, se diseñó una interfaz de usuario mediante la organización y edición de imágenes en el software Photoshop, con el fin de crear una interfaz HMI. Para la interacción táctil, se empleó una TABLET XIAOMI PAD 6, logrando así una integración que simula una pantalla HMI industrial, pero con mayor flexibilidad y funcionalidad.

Figura 45:

Pantalla principal – HMI

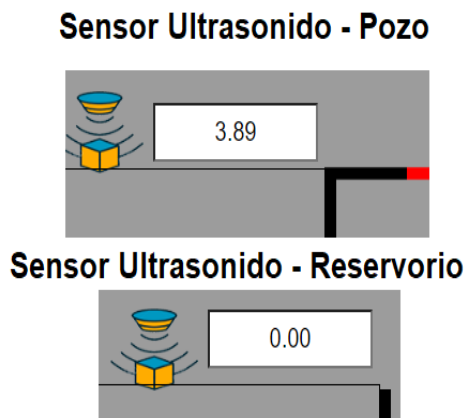


Nota: Realizado por el tesista

- a) Para la visualización numérica de los valores de los dos potenciómetros sensores fue necesario agregar dos INPUTS, denominados:
- #SU1_CH
 - #SU2_CH
- b) Para el seteo del nivel de Pozo y Reservorio fue necesario dos INPUTS, denominados:
- #SP
 - #SR
- c) Para el envío de los valores de los INPUTs de seteo fue necesario dos botones denominados:
- #set_pozo
 - #set_reservorio
- d) Asimismo, se desarrolló una subrutina adicional llamada "/actualiza.php" encargada de actualizar de forma continua los valores de los inputs.

Figura 46:

INPUTS potenciómetros – HMI



Nota: Realizado por el tesista

Figura 47:

INPUTS seteo – HMI



Figura 48:

Sub rutina de creación de INPUTS – SCADA

```
function actualizarFormulario() {  
    $.ajax({  
        url: "../actualiza_SCADA_SSEE.php", // Cambia a la URL de  
        type: "GET",  
        dataType: "json",  
        success: function(data) {  
            $('#SU1_CH').val(data.objeto.campo1);  
            $('#SU2_CH').val(data.objeto.campo2);  
        },  
        error: function() {  
            //console.log(function());  
            console.log('Error al obtener datos del servidor.');        }  
    });  
}
```

Nota: Realizado por el tesista

Pantalla principal – indicadores.php

- a) Para mostrar el estado de las electroválvulas y la electrobomba, se utilizaron indicadores circulares con cambios de color:

Círculo rojo: indica que está apagado.

Círculo verde: indica que está encendido.

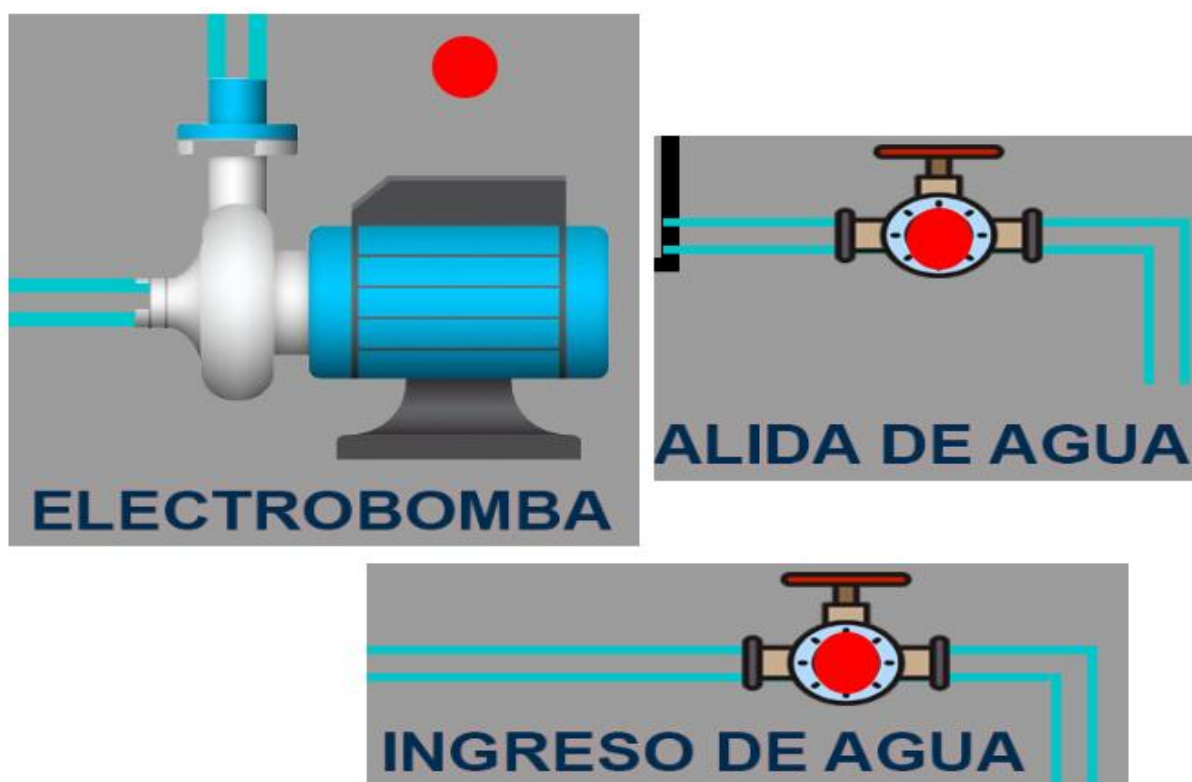
- b) b) Estos indicadores fueron programados en JavaScript (JS) y se nombraron como:

Indicador1

Indicador2

Indicador3

- c) Además, se implementó una subrutina adicional llamada “/indicadores.php” para actualizar constantemente los valores mostrados por estos indicadores.

Figura 49:*Indicadores de estado – HMI*

Nota: Realizado por el tesista

Figura 50:*Sub rutina de creación de INDICADORES – HMI*

```
function actualizarIndicadores() {  
    $.ajax({  
        url: './indicadores.php', // Cambia 'ruta-a-tu-script-php' por la ruta correcta  
        type: 'GET',  
        dataType: 'json',  
        success: function(data) {  
            // Actualizar los indicadores con los nuevos colores  
            document.getElementById('indicador1').className = 'indicador ' + data.indicador1;  
            document.getElementById('indicador2').className = 'indicador ' + data.indicador2;  
            document.getElementById('indicador3').className = 'indicador ' + data.indicador3;  
        },  
        error: function() {  
            console.log('Error al obtener el estado de los sensores desde el servidor.');        }  
    });  
}
```

Nota: Realizado por el tesista

Pantalla principal – Botones

- d) Para activar las cargas se colocó un botón START y un botón STOP
 - a. Circulo: rojo
 - i. Apagado
 - b. Circulo: verde
 - i. Encendido
- e) El botón fue desarrollado en php y css colocando con el nombre:
 - a. Btn_b1_start
 - b. Btn_b1_stop
 - c. Btn_b2_start
 - d. Btn_b2_stop
 - e. Btn_b3_start
 - f. Btn_b3_stop
- f) Como se aprecia también fue necesario otra subrutina para poder enviar el valor de cambio de estado al PLC Finder OPTA

Figura 51:

Sub rutina de creación de BOTONES - HMI

```
<!-- Botones de Encendido/Apagado -->
<button class="button button-on" onclick="sendRelayCommand(0, 1)" id="btn_b1_start"></button>
<button class="button button-off" onclick="sendRelayCommand(0, 0)" id="btn_b1_stop"></button>
<button class="button button-on" onclick="sendRelayCommand(1, 1)" id="btn_b2_start"></button>
<button class="button button-off" onclick="sendRelayCommand(1, 0)" id="btn_b2_stop"></button>
<button class="button button-on" onclick="sendRelayCommand(2, 1)" id="btn_b3_start"></button>
<button class="button button-off" onclick="sendRelayCommand(2, 0)" id="btn_b3_stop"></button>
```

Figura 52:

Sub rutina para el cambio de estado de los botones - HMI

```
function sendRelayCommand(relayNumber, relayState) {
    fetch(`http://192.168.100.39/relay?number=${relayNumber}&state=${relayState}`)
        .then(response => response.text())
        .then(data => console.log(data))
        .catch(error => console.error('Error:', error));
}

function enviar_valor_set() {
    var valor = document.getElementById('SE01_P').value;

    // Verificar si el valor es un número válido
    if (!isNaN(valor) && valor.trim() !== '' && /^[0-9]*\.\?[0-9]+$/.test(valor)) {
        alert("Valor válido: " + valor);
        fetch(`http://192.168.100.39/relay?number={3}&state={valor}`)
            .then(response => response.text())
            .then(data => console.log(data))
            .catch(error => console.error('Error:', error));
        // Aquí puedes añadir la lógica para enviar el valor al servidor o hacer lo que necesites con él
    } else {
        alert("Por favor, ingresa un número válido.");
    }
}
```

Nota: Realizado por el tesista

CAPITULO V

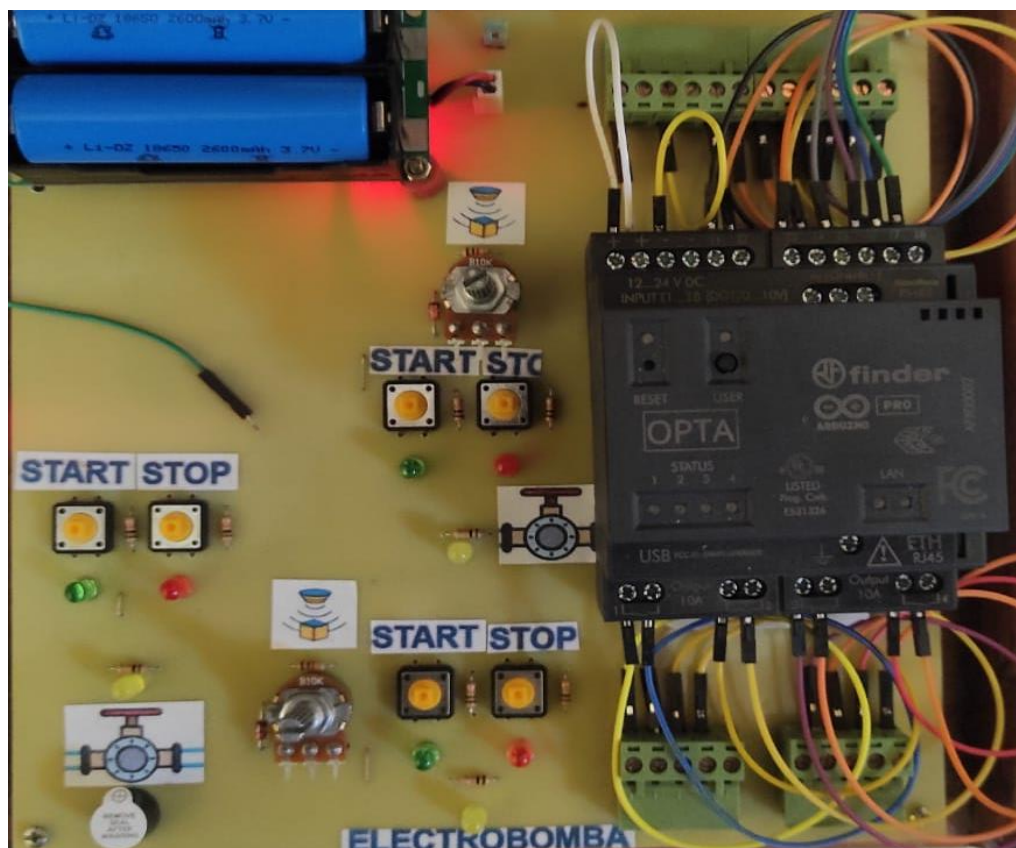
RESULTADOS

5.1. Análisis y diseño del sistema automático para el llenado de tanque elevado con PLC

A. Tarjeta PCB de simulación de llenado de tanque elevado con PLC

Figura 53:

Tarjeta PCB de simulación de llenado de tanque elevado con PLC

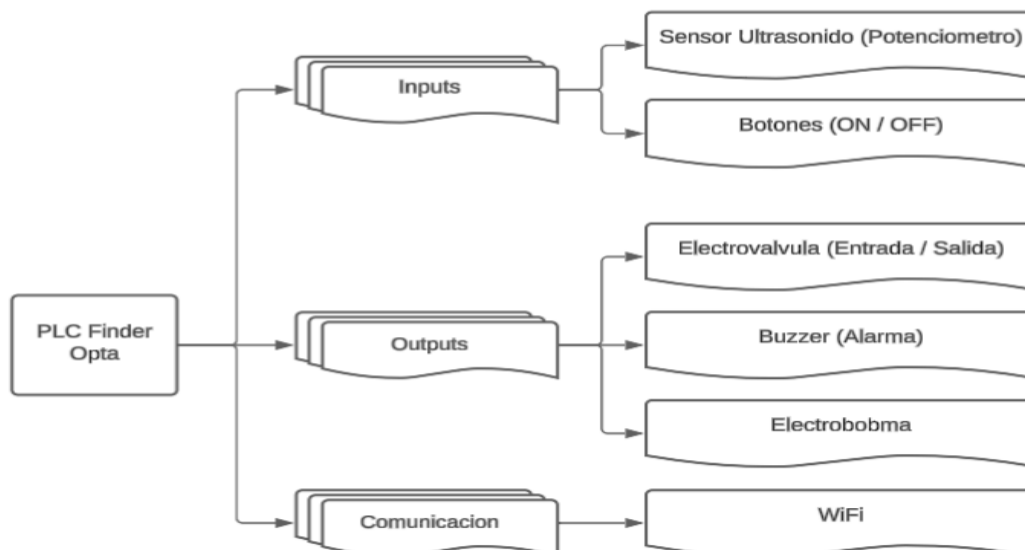


Nota: Realizado por el tesista

B. Diagrama de bloques del PLC a nivel de Hardware

Figura 54:

Diagrama de bloques del PLC a nivel de Hardware



Nota: Realizado por el tesista

5.7.1. Fase de envío y recepción de datos por WIFI por PLC

Imagen electrónica del PLC Finder OPTA

Para el envío y recepción de datos por WIFI se utilizó un PLC Finder OPTA modelo WIFI, el cual tiene como características de última generación su Compilación mediante las librerías y la interfaz de IDE Arduino.

Figura 55:

Imagen del PLC Finder OPTA modelo WIFI



Nota: Realizado por el tesista

Subrutina de envío de datos

Para la transmisión de datos de los dos potenciómetros, que simulan los sensores ultrasónicos de medición del nivel de agua, se desarrolló el envío de información al script denominado "plc-post.php".

Figura 56:

Subrutina de envío de datos en el ESP32

```
//-----CONTROL DE BOMBEO-----  
Serial.print((String)set_pozo + " " + (String)pozo);  
if (tanque_elevado <= 0.5 && pozo <= 0.5){  
    digitalWrite(relayOutputs[3], true);  
    digitalWrite(userLeds[3], true);  
} else {  
    digitalWrite(relayOutputs[3], false);  
    digitalWrite(userLeds[3], false);  
}  
  
if (set_pozo > pozo) {  
    digitalWrite(relayOutputs[2], true);  
    digitalWrite(userLeds[2], true);  
} else {  
    digitalWrite(relayOutputs[2], false);  
    digitalWrite(userLeds[2], false);  
}  
  
//-----ENVIO DE INFORMACION AL HMI-----  
valTablaSME_Data[0] = (String)StateVE;  
valTablaSME_Data[1] = (String)StateVS;  
valTablaSME_Data[2] = (String)StateBC;  
valTablaSME_Data[3] = (String)pozo;  
valTablaSME_Data[4] = (String)tanque_elevado;  
//-----  
String datos_a_enviar;  
for (int i = 0; i < 5; i++) {  
    datos_a_enviar += (String)etiTablaSME_Data[i] + "=" + valTablaSME_Data[i] + "&";  
    //Serial.println(datos_a_enviar);  
}  
  
//Serial.println(datos_a_enviar);  
  
int result = client.post("/CBME/php/esp-post.php", "application/x-www-form-urlencoded", datos_a_enviar);  
int statusCode = client.responseStatusCode();
```

Nota: Realizado por el tesista

Subrutina de recepción de datos

Para recibir la información proveniente de los botones del sistema HMI, se habilitó el segundo núcleo "0" del PLC Finder OPTA modelo WIFI, asignándole la función de monitorear continuamente la recepción de señales de activación y de enviar la información correspondiente desde el HMI.

Figura 57:

Subrutina para la recepción de datos en el PLC Finder OPTA

```
void readMIDs() {
  while (1) {
    WiFiClient client = server.available();
    if (client) {
      String request = client.readStringUntil('\r');
      Serial.println(request);
      client.flush();

      // Check if the request is to control a relay
      if (request.indexOf("/relay") != -1) {
        handleRelayRequest(request);
        //Serial.println(request);
      }

      // Send response
      client.print("HTTP/1.1 200 OK\r\n");
      client.print("Content-Type: text/html\r\n");
      client.print("Access-Control-Allow-Origin: *\r\n"); // Add this line
      client.print("\r\n");
      client.print("<!DOCTYPE HTML><html><body>");
      client.print("<h1>Relay Control</h1>");
      for (int i = 0; i < numRelays; i++) {
        client.print("<p>Relay ");
        client.print(i + 1);
        client.print(" - <a href=\"/relay?number=");
        client.print(i);
        client.print("&state=1\">ON</a> <a href=\"/relay?number=");
        client.print(i);
        client.print("&state=0\">OFF</a></p>");
      }
      client.print("</body></html>");
      client.stop();
    }
    //delay(10);
  }
}
```

Nota: Realizado por el tesista

Figura 58:

Código de instauración de los botones START y STOP del HMI

```
<!-- Botones de Encendido/Apagado -->
<button class="button button-on" onclick="sendRelayCommand(0, 1)" id="btn_b1_start"></button>
<button class="button button-off" onclick="sendRelayCommand(0, 0)" id="btn_b1_stop"></button>
<button class="button button-on" onclick="sendRelayCommand(1, 1)" id="btn_b2_start"></button>
<button class="button button-off" onclick="sendRelayCommand(1, 0)" id="btn_b2_stop"></button>
<button class="button button-on" onclick="sendRelayCommand(2, 1)" id="btn_b3_start"></button>
<button class="button button-off" onclick="sendRelayCommand(2, 0)" id="btn_b3_stop"></button>

<!-- Botones de Encendido/Apagado -->
<button class="button button-on" onclick="enviar_valor_set()" id="set_pozo"></button>
<button class="button button-off" onclick="enviar_valor_set()" id="set_reservorio"></button>
```

Nota: Realizado por el tesista

Prototipo inicial de Ejecución

Para el prototipo inicial de pruebas, que permitió verificar la comunicación y funcionamiento correcto entre los componentes, se empleó un protoboard como plataforma de montaje. Los elementos utilizados en este montaje fueron:

1. ESP-WROOM-32E
2. Módulo StepDown
3. Módulo USB a TTL CP2102
4. Protoboard
5. Cables Jumper

Figura 59:

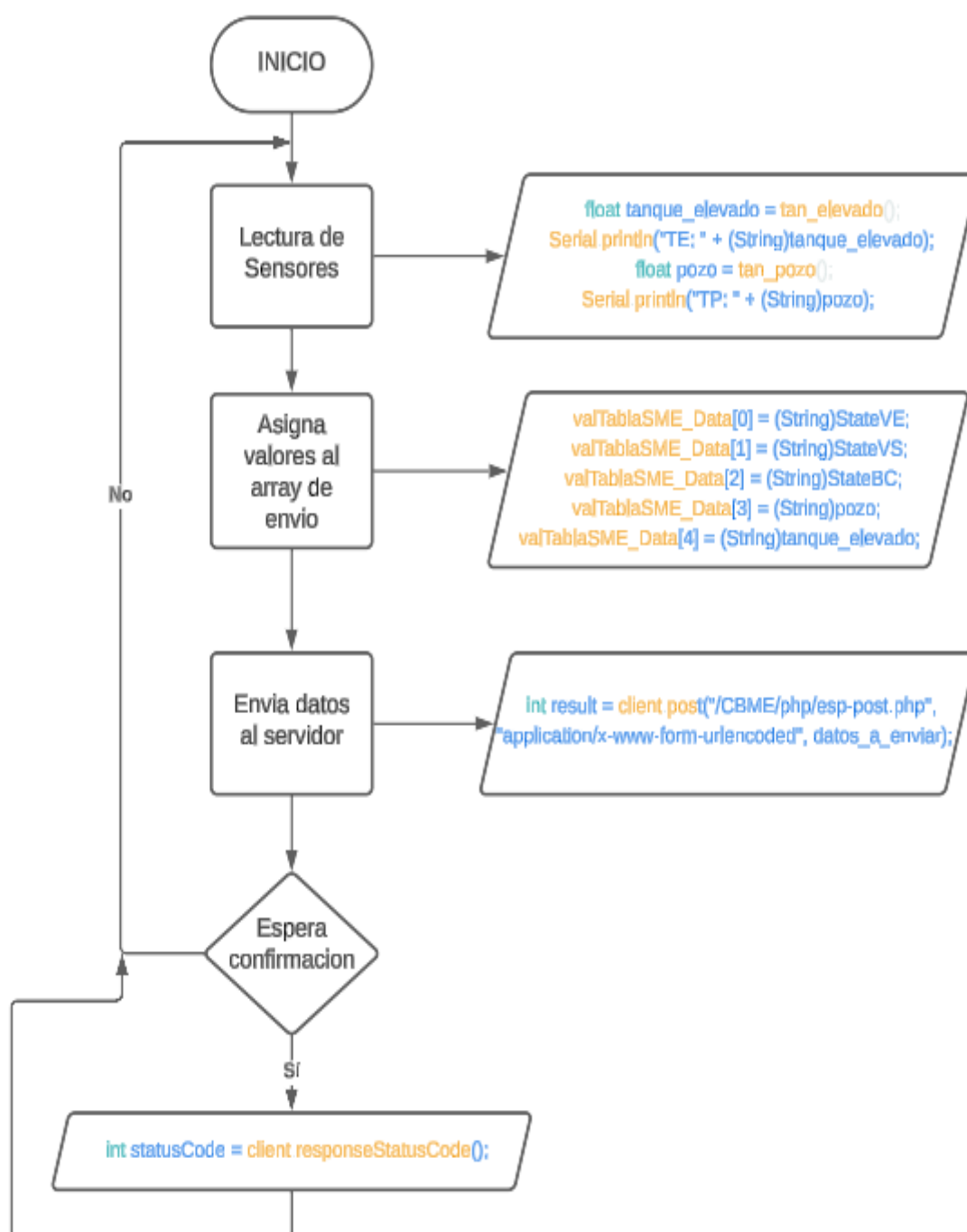
Prototipo inicial del ESP-WROOM-32E



Nota: Realizado por el tesista

Bosquejo de bloques del funcionamiento

Figura 60:

Bosquejo de la Fase de envío datos por WIFI del PLC Finder OPTA

Nota: Realizado por el tesista

5.7.2. Fase de Relevadores incorporados

Imagen electrónica de los Relevadores (x2)

Los cuatro relevadores incorporados, son los encargados de simular la activación de las electroválvulas de entrada y salida así como la electrobomba, para nuestra simulación se dispuso de tres indicadores led para su activación, además, un Buzzer para simular una alarma de bajos niveles de agua en el pozo y reservorio.

Figura 61:

Imagen de los relevadores incorporados del PLC Finder OPTA

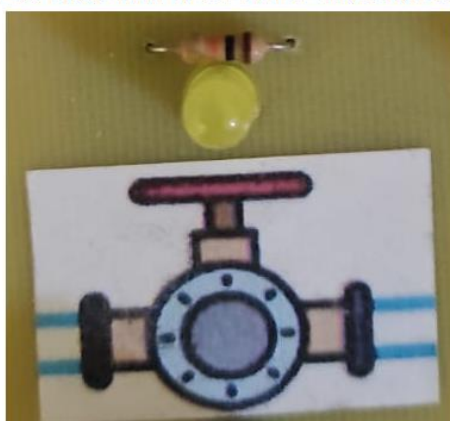


Nota: Realizado por el tesista

Figura 62:

Imagen de los indicadores LED y Buzzer

ELECTROVALVULA DE INGRESO



ELECTROVALVULA DE SALIDA



ALARMA



Nota: Realizado por el tesista

Subrutina de encendido y apagado de los relevadores

Para asegurar un control estable de los relevadores, fue indispensable contar con una variable que gestione el cambio de estado, así como implementar una función que optimice la lectura de los tres botones. En consecuencia, se desarrollaron dos subrutinas específicas:

- Subrutina para el cambio de estado de los relevadores.
- Subrutina para la detección (censado) de los botones en la pantalla TFT

Figura 63:

Subrutina de encendido y apagado de los relevadores del PLC Finder OPTA

```
void handleRelayRequest(String request) {
    int relayNumber = -1;
    int relayState = -1;
    String valor;

    int numberIndex = request.indexOf("number=");
    int stateIndex = request.indexOf("state=");

    if (numberIndex != -1) {
        relayNumber = request.substring(numberIndex + 7).toInt();
    }
    if (stateIndex != -1) {
        if (relayNumber == 3) {
            valor = (String)request.substring(stateIndex + 6).toInt() +
                    (String)request.substring(stateIndex + 7) +
                    (String)request.substring(stateIndex + 8).toInt();
            Serial.println((String)request.substring(stateIndex + 6).toInt() +
                    (String)request.substring(stateIndex + 7) +
                    (String)request.substring(stateIndex + 8).toInt());
        } else {
            relayState = request.substring(stateIndex + 6).toInt();
            Serial.println("Aqui 2");
        }
    }
}

if (relayNumber >= 0 && relayNumber < numRelays && (relayState == 0 || relayState == 1)) {
    digitalWrite(userLeds[relayNumber], relayState);
    digitalWrite(relayOutputs[relayNumber], relayState);

    switch (relayNumber) {
        case 0:
            StateVE = (bool)relayState;
            Serial.println("CASO 0");
            break;
        case 1:
            StateVS = (bool)relayState;
            Serial.println("CASO 1");
            break;
        case 2:
            StateBC = (bool)relayState;
            Serial.println("CASO 2");
            break;
    }
}
```

Nota: Realizado por el tesista

Prototipo inicial de Ejecución

Para el prototipo inicial de pruebas, donde se comprobó la operatividad y comunicación entre los componentes, se utilizó un UPS basado en baterías 18650 como fuente de alimentación, con el fin de asegurar un suministro estable y confiable de corriente eléctrica. Para ello, se emplearon los siguientes elementos:

1. PLC Finder OPTA
2. UPS 18650 12V / 2A
3. Cables Jumper

Figura 64:

Prototipo inicial de los relevadores y ESP32

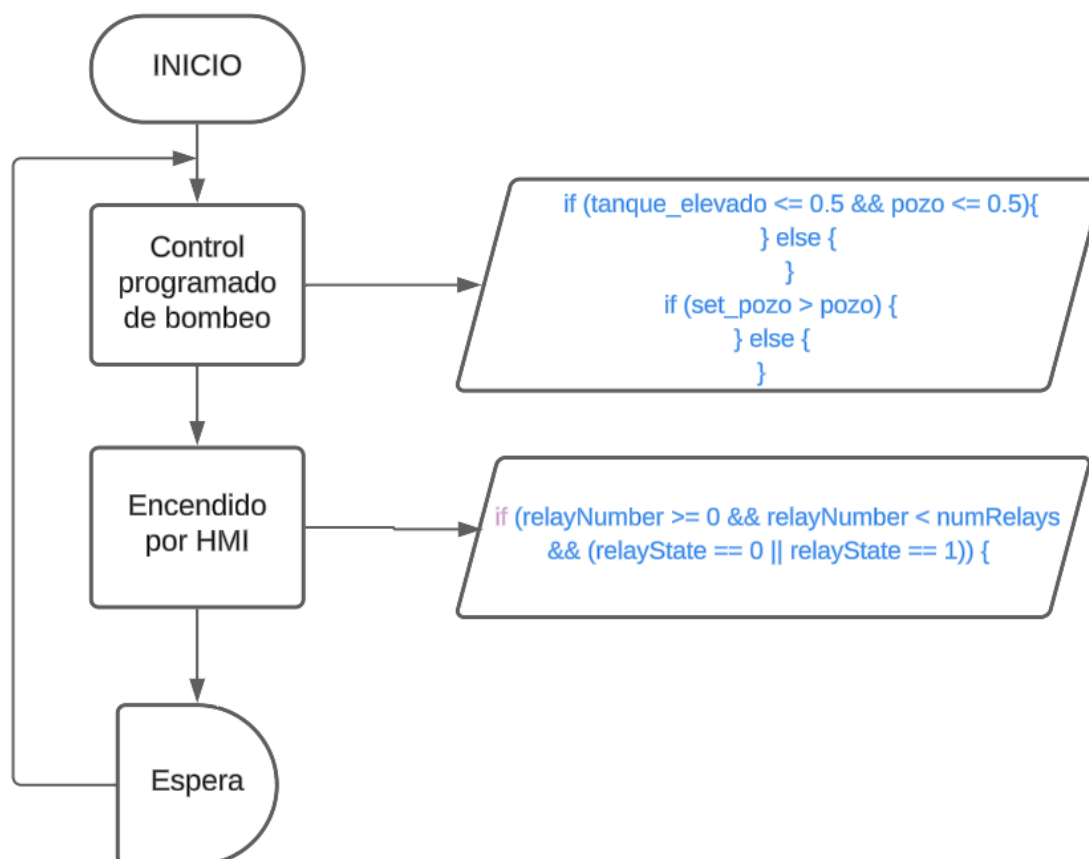


Nota: Realizado por el tesista

Bosquejo de bloques del funcionamiento

Figura 65:

Bosquejo de la Fase de relevadores para su encendido y apagado



Nota: Realizado por el tesista

5.7.3. Fase de censado de nivel de agua con potenciómetro

Consideraciones de selección de rango de valores del nivel de agua

1. Motivación práctica para la elección 0–10 V

Para el desarrollo del prototipo y la etapa de simulación se adoptó la escala de señal analógica **0–10 V** como representación directa del nivel medido por los sensores ultrasónicos (en el prototipo esta señal se generó mediante potenciómetros). Esta decisión se tomó por razones prácticas y pedagógicas: permite una simulación sencilla y reproducible en el laboratorio, facilita la interconexión directa con las entradas analógicas del

PLC utilizado (Finder Opta en su configuración de pruebas), y evita la complejidad añadida que implican convertidores de corriente o transmisores aislados durante la fase de validación funcional del control. En resumen, el rango 0–10 V se eligió por su **simplicidad, compatibilidad y claridad en la representación de escala** durante la fase experimental.

2. Compatibilidad con instrumentos y facilidad de simulación

Muchos sensores y equipos de control aceptan entradas de 0–10 V como señal estándar para setpoints y mediciones analógicas. En el prototipo se simuló las salidas del sensor mediante potenciómetros calibrados a 0–10 V, lo que permitió verificar la lógica de control (comparaciones con setpoints, histéresis y alarmas) sin necesidad de disponer del sensor ultrasónico comercial durante las primeras pruebas. Esta aproximación reduce el riesgo de errores por cableado o por selección de aisladores durante la etapa de diseño de la lógica.

3. Consideraciones de resolución y cuantización (por qué se usó ADC a 12 bits)

En el código del PLC/prototipo se configuró la lectura analógica a **12 bits** (0–4095). Esto ofrece un paso de cuantización pequeño y una resolución suficiente para detectar variaciones pequeñas en el nivel del tanque, mejorando la precisión de la simulación. Matemáticamente:

- Paso del ADC (tensión por LSB) = $\frac{10 \text{ V}}{4095} \approx 0,0024438 \text{ V/LSB} (\approx 2.44 \text{ mV})$.
- En porcentaje de nivel: paso $\approx 0,02444\%$ por LSB (es decir, cada incremento del ADC representa 0.02444% del rango 0–100%).
- Si el tanque tiene, por ejemplo, una altura útil de 2 000 mm, cada LSB correspondería a $\approx 0.49 \text{ mm}$ de nivel ($2000 \text{ mm} \times 0.0002444 \approx 0.489 \text{ mm}$).

Esto contrasta con una lectura de 10 bits (0–1023) donde el paso sería

$\sim 0.0977\%$ (≈ 1.95 mm por LSB para 2 m), mostrando por qué aumentar la resolución mejora la representación del nivel.

4. Ventajas en la etapa de laboratorio frente a otras opciones (como 4 – 20 mA)

- **Simplicidad de montaje y medición:** 0–10 V permite usar potenciómetros, fuentes de laboratorio o salidas directas de algunos sensores sin conversión adicional.
- **Menor complejidad electrónica:** no se requieren transmisores de corriente ni fuentes de alimentación especiales para la señal; el cableado y la depuración son más directos en un entorno controlado.
- **Compatibilidad con entradas del PLC en la fase de prototipo:** muchas tarjetas de desarrollo y módulos de PLC soportan entradas 0–10 V de forma nativa, facilitando pruebas rápidas.

5. Limitaciones del rango 0–10 V (y por qué documentarlas en la tesis)

Aunque 0–10 V es práctico para un prototipo y para recorridos cortos de cable en laboratorio, tiene desventajas en instalaciones reales que deben quedar explícitas en la memoria:

- **Ruido y caída de tensión en cables largos:** las señales de tensión son más susceptibles a interferencias electromagnéticas y a caídas por impedancia del cable; en distancias largas se recomienda 4–20 mA.
- **Aislamiento y seguridad:** la conexión directa de tensiones sin aislamiento puede afectar a equipos si existen bucles de masa; conviene incorporar aisladores o convertidores cuando corresponda.
- **Inmunidad eléctrica:** 4–20 mA ofrece mejor inmunidad y es estándar industrial para transmisores en campo; 0–10 V es más común en control y setpoints, menos en señales de campo críticas.

6. Justificación técnica respecto al sensor ultrasónico

La elección del rango 0–10 V no supone que todos los sensores ultrasónicos entreguen esa salida; los sensores comerciales pueden ofrecer salidas **analógicas (0–5 V, 0–10 V), corriente (4–20 mA)**,

salida serial (UART, RS232/RS485) o time-of-flight digital. Al documentar la tesis se debe indicar que:

- En la fase de prototipo se usó 0–10 V **como representación análoga del nivel** para validar la lógica de control.
- La **salida real del sensor** seleccionado en la implementación final determinará la interfaz física: si el sensor entrega 4–20 mA se usará un resistor de shunt o un módulo acondicionador; si entrega 0–10 V la conexión será directa a la entrada analógica del PLC con protección; si es digital se leerá por el bus o por entradas dedicadas.

Imagen electrónica de los potenciómetros de censado de nivel de agua

Para el censado de los niveles de agua tanto para el Pozo y Reservorio se recurrió a potenciómetros.

Figura 66:

Imagen de los dos potenciómetros de simulación de nivel de agua

SENSOR ULTRASONIDO POZO



SENSOR ULTRASONIDO RESERVORIO



Nota: Realizado por el tesista

Subrutina de censado de nivel de agua con potenciómetros

Para el censado del voltaje de los potenciómetros fue necesario estabilizarlo mediante un diodo ZENNER de 10v con una fuente de 12v, registrando los bits y convirtiéndolos en voltaje en un rango de 0 – 10v.

Figura 67:

Subrutina de censado de nivel de agua con potenciómetros

```
float tan_pozo() {  
    int v = analogRead(A1);  
    float volt = map(v, 0, 4096, 0, 10000) / 1000.0;  
    //Serial.println(volt);  
    return volt;  
    //delay(50);  
}  
  
float tan_elevado() {  
    int v = analogRead(A0);  
    float volt = map(v, 0, 4096, 0, 10000) / 1000.0;  
    //Serial.println(volt);  
    return volt;  
    //delay(50);  
}
```

Nota: Realizado por el tesista

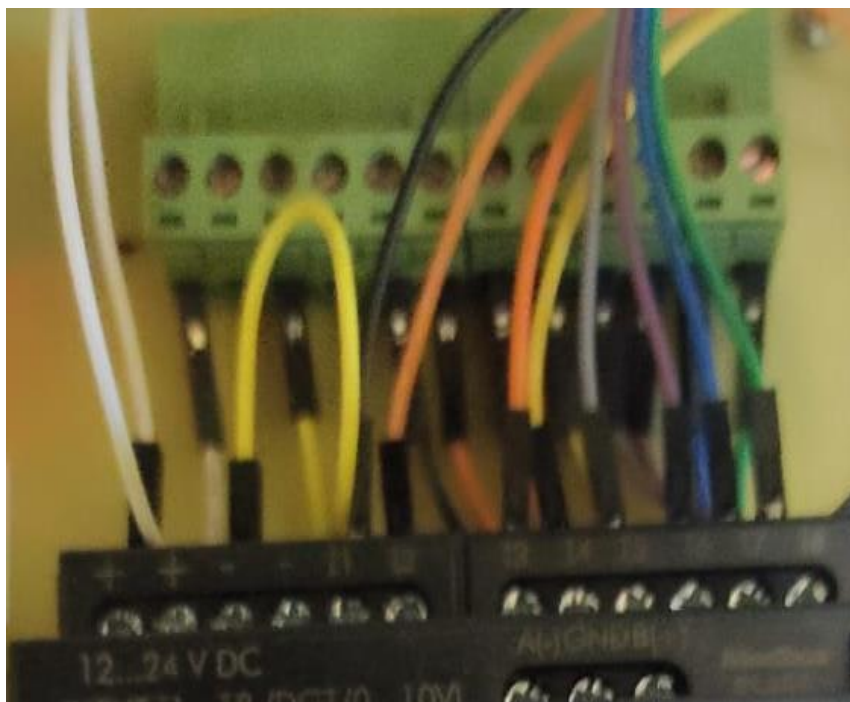
Prototipo inicial de Ejecución

En el prototipo inicial de pruebas, destinado a comprobar el correcto funcionamiento de los componentes, se empleó un sistema de alimentación basado en un UPS con baterías 18650, con el objetivo de garantizar la estabilidad del voltaje suministrado. Para este propósito, se utilizaron los siguientes elementos:

1. PLC Finder OPTA
2. UPS 18650 12V / 2A
3. Cables Jumper
4. Potenciómetro de 10 kohms
5. Resistencia 1k ohms
6. Diodo Zenner de 10v

Figura 68:

Prototipo inicial para el censado del nivel de agua JSN – SR04T

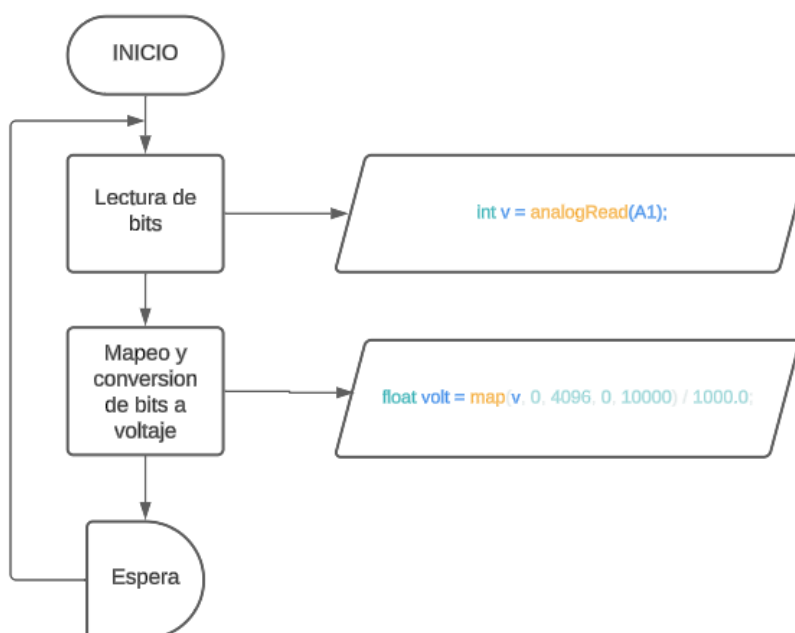


Nota: Realizado por el tesista

Bosquejo de bloques del funcionamiento

Figura 69:

Bosquejo de la Fase de censado de nivel de agua con potenciómetros



Nota: Realizado por el tesista

5.7.4. Fase de control manual de activación de electroválvulas y electrobomba

Imagen electrónica del control manual de activación y apagado

Para el control manual de la electrobomba y las dos electroválvulas fue necesario el uso de tres botones START y tres botones STOP.

Figura 70:

Imagen del control manual de activación y apagado

ELECTROVALVULA DE INGRESO



ELECTROVALVULA DE SALIDA



ELECTROBOMBA



Nota: Realizado por el tesista

Tipo de bomba recomendada

- Para suministrar agua desde una fuente a un tanque elevado la **bomba centrífuga** monobloc o de mochila (superficie) es la opción más habitual por su simplicidad, eficiencia y disponibilidad.
- Si la fuente es un pozo profundo o el impulsor se instala sumergido, se recomienda una **bomba sumergible de paso único**.

- Selección práctica: **bomba centrífuga de eje horizontal, etapa única** para instalación exterior; cuerpo e impulsor en acero inoxidable o hierro fundido según agresividad del agua. Sello mecánico doble si hay arenas.

Justificación preliminar

Dado que la presente investigación se desarrolla principalmente como **simulación y prototipo didáctico**, el dimensionamiento exacto de una bomba real (modelo, curva, potencia nominal y protección eléctrica) no era indispensable para validar la arquitectura de control (PLC + HMI + comunicaciones). Sin embargo, para responder a los requisitos del jurado y mostrar que la solución es viable en la práctica, se presenta a continuación la metodología completa de selección y dimensionamiento, seguida de ejemplos numéricos demostrativos. Además, se expone la solución técnica para el caso real: uso de un **variador de frecuencia (VFD)** controlado por RS-485 por el PLC, solución que desacopla la cuestión de potencia del desarrollo de la lógica de control y facilita la adaptación a distintas potencias en obra.

Solución con variador de frecuencia (VFD) controlado por RS-485

- **Ventaja principal:** el **VFD** (variador) permite controlar velocidad y par de la bomba, optimizando consumo y permitiendo arranque suave; además actúa como elemento de potencia, por lo que el PLC no necesita “dimensionar” la potencia de la bomba — basta que el PLC controle el VFD por señales digitales/analógicas o por protocolo Modbus (RS-485).
- **Arquitectura de control recomendada:**
 - **PLC ↔ VFD:** comunicación Modbus RTU sobre RS-485 (o registros Modbus TCP si el VFD soporta Ethernet). El PLC escribe en registros

del VFD: frecuencia objetivo, run/stop, reset de fallos; y lee: frecuencia real, corriente, alarma, estado.

- **Señales auxiliares:** salidas digitales del PLC para autorización de arranque, entradas analógicas para setpoint local si se desea, e interlocks locales (protección por presión/nivel).
- **Maapeo de registros Modbus (ejemplo genérico):**
 - **Registro 40001:** frecuencia objetivo (0–50 Hz)
 - **Registro 40002:** comando RUN/STOP (0=STOP,1=RUN)
 - **Registro 40003:** estado/fallo (bitmask)
 - **Registro 40004:** corriente de motor (A)

Subrutina para el control manual de activación y apagado

Para el control manual fue necesario configurar las entradas de los seis botones en total, para el control START y STOP.

Figura 71:

Subrutina para el control manual de activación y apagado

```
void handleButton(int buttonPin, bool &buttonState, unsigned long &lastDebounceTime, int ledPin, bool &buttonState) {
  //Serial.println("A");
  if (millis() - lastDebounceTime > debounceDelay) {
    //Serial.println("B");
    if (digitalRead(buttonPin) == HIGH) {
      //state = !state; //!buttonState;
      lastDebounceTime = millis();
      //digitalWrite(ledPin, state ? HIGH : LOW);
      digitalWrite(ledPin, state);
      digitalWrite(userLeds[ledPin], state);
      //Serial.println("C");

      Serial.println(buttonPin);
      switch (buttonPin) {
        case 17:
          StateVE = 1;
          break;
        case 18:
          StateVE = 0;
          break;

        case 19:
          StateVS = 1;
          break;
        case 20:
          StateVS = 0;
          break;

        case 21:
          StateBC = 1;
          break;
        case 22:
          StateBC = 0;
          break;
      }

      Serial.println((String)StateVE + " " + (String)StateVS + " " + (String)StateBC);
    }
  }
}
```

Nota: Realizado por el tesista

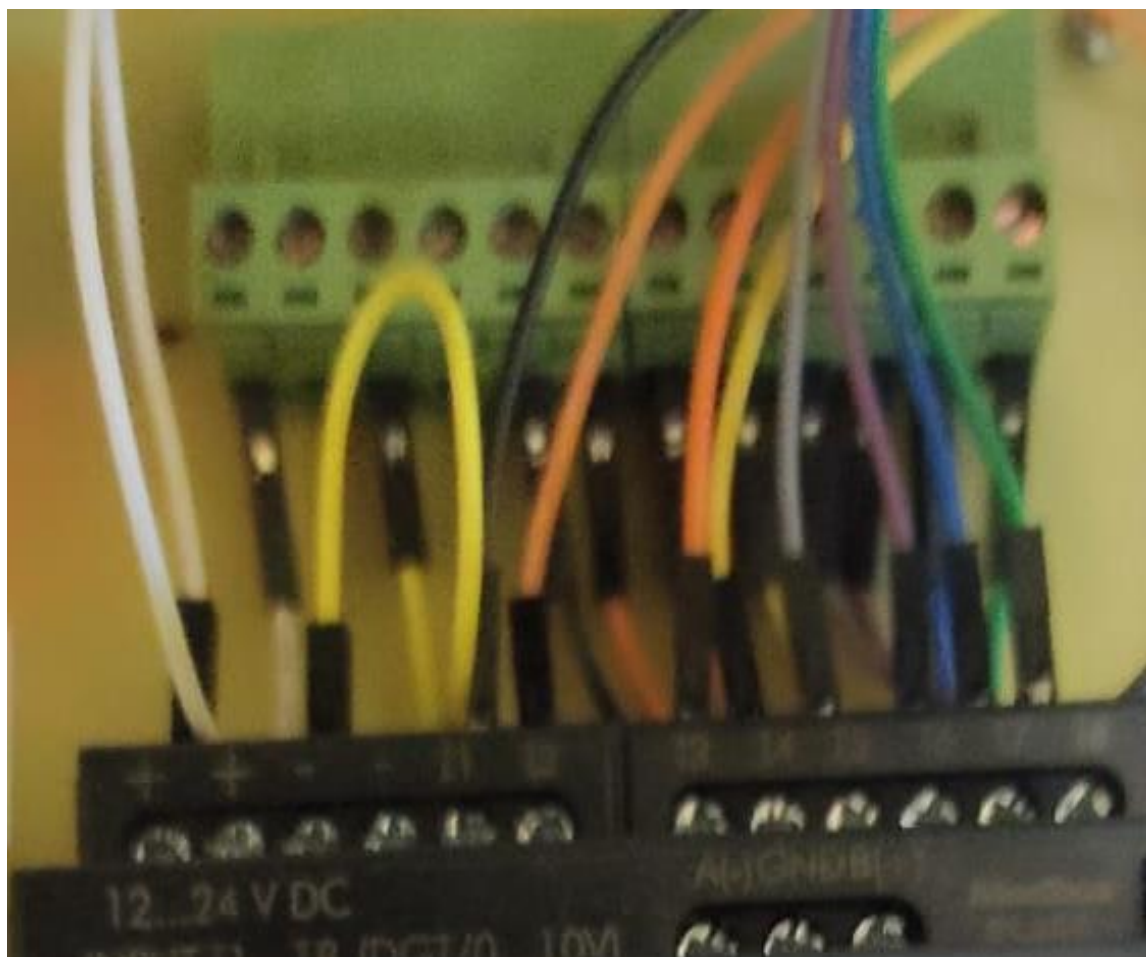
Prototipo inicial de Ejecución

En el prototipo inicial de pruebas, empleado para validar el desempeño de los componentes, se utilizó una tarjeta preconfigurada que permitió comprobar su correcto funcionamiento. Para ello, se contó con los siguientes elementos:

1. Botones de cuatro pines
2. Resistencias de 10 k Ω
3. Cables jumper
4. LEDs

Figura 72:

Prototipo inicial del control manual de activación y apagado

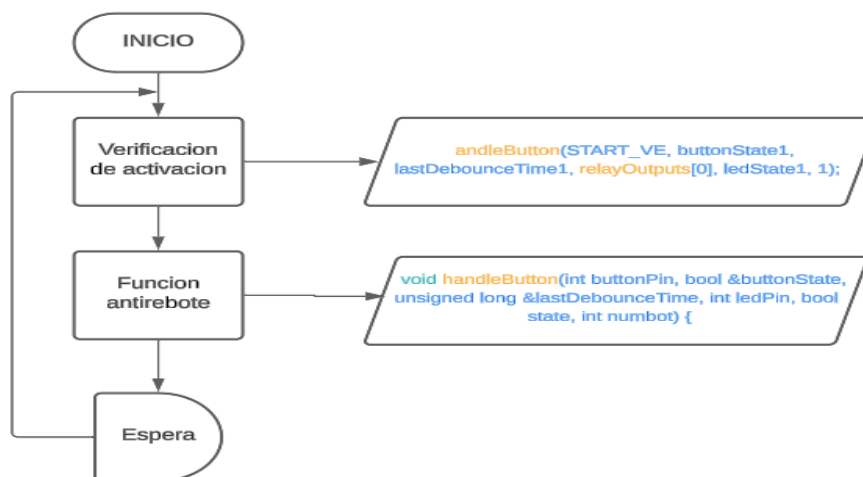


Nota: Realizado por el tesista

Bosquejo de bloques del funcionamiento

Figura 73:

Bosquejo de la Fase control manual de activación y apagado



Nota: Realizado por el tesista

5.7.5. Fase de elevación de voltaje (UPS 18650 y StepUp)

Para suministrar energía al circuito de control del PLC Finder OPTA, se utilizó una fuente de alimentación tipo UPS basada en baterías 18650. Para alcanzar un voltaje estable de 12V, se implementó un circuito elevador y regulador de tensión integrado directamente en la placa del UPS.

Figura 74:

Imagen electrónico de reducción de voltaje por DC



Nota: Realizado por el tesista



CONCLUSIONES

- PRIMERA** : Se realizo el análisis y diseño del sistema automático para el llenado de tanque elevado para lo cual se utilizó un PLC actual (Finder OPTA modelo WIFI) donde para simular los sensores de ultrasonido y pulsadores de un tablero de control se elaboro una PCB creado mediante un UPS 18650, potenciómetros, LEDs y un buzzer como alarma, además del diseño de un HMI integrado en una TABLET XIAOMI PAD 6.
- SEGUNDO** : Para la Fase de control de llenado de tanque se realizo una PCB para la simulación de un tablero de forma manual, además mediante un servidor web Compilaciándo de HTML, PHP y JS se realizo una interfaz HMI para el envío de información bidireccional desde el PLC hacia el HMI tanto de los niveles de agua del Pozo y Reservorio.
- TERCERO** : Para la Fase de monitoreo de llenado de tanque se realizó una PCB donde se utilizó dos potenciómetros para emular dos sensores de ultrasonido, además mediante un servidor web Compilaciándo de HTML, PHP y JS se realizó una interfaz HMI para la visualización de dichos valores desde el PLC hacia el HMI.

RECOMENDACIONES

- PRIMERA** : Se recomienda la Ejecución de sensores reales en lugar de simulaciones para evaluar el comportamiento del sistema en condiciones reales de operación. Esto permitirá una mejor calibración del PLC y un control más preciso del nivel de agua, asegurando que el sistema funcione adecuadamente bajo diferentes escenarios.
- SEGUNDA** : Se sugiere la integración de dispositivos de comunicación para el acceso remoto o global a la interfaz HMI. Esto facilitará la supervisión y control del sistema desde cualquier lugar, brindando mayor flexibilidad y mejorando la eficiencia en la gestión del llenado del tanque.
- TERCERA** : Es recomendable realizar pruebas de estrés y monitoreo continuo en la interfaz HMI para asegurar la estabilidad y confiabilidad del sistema durante periodos prolongados. Además, se podría considerar la incorporación de mecanismos de respaldo o redundancia en el servidor web para evitar posibles fallos en la comunicación o visualización de los datos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almachi, J., & Naranjo, E. (2021). *Desarrollo de un sistema SCADA para una estacion de bombeo de agua a presion constante*. Latacunga: Universidad Tecnica de Cotopaxi. Recuperado el 22 de 3 de 2024, de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8123/1/PI-001803.pdf>
- Castillo, J. (2022). *Implementacion de un prototipo analizador de red electrica monofasica con controlador cortex y tecnologia IoT*. Cochabamba: Universidad Tecnica Privada Cosmos. Recuperado el 12 de 3 de 2024, de <https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/3456648/1/CastilloSaletasJE.pdf>
- Chavarria, B., & Gudiño, E. (2017). *Implementacion de un servidor web y un diseño de una pagina utilizando herramientas de software libre para el dispensado "Sagrada Familia" de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Cordova, L., & Ramos, E. (2019). *Diseño e implementacion de un sistema automatico de generacion de agua caliente para limpieza de cubetas en la industria de elaboracion de galletas*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Cruzado, N., & Angeles, A. (2019). *Implementacion de un sistema SCADA en la nube para mejorar el servicio de monitoeo y control remoto de una planta de tratamiento agua potable en lima norte 2015 - 2018*. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal. Recuperado el 22 de 3 de 2024, de <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/3886/CRUZADO%20PAREDES%20NAIM%20JHON%20-%20MAESTRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (S.E.). *Metodologia de la Investigacion*.

MEXICO D.F.: MC GRAW HILL EDUCATION.

Gallardo Echenique, E. E. (2017). *Metodologia de la Investigacion*. Huancayo: Universidad Continental.

Hernandez Sampieri, R., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodologia de la investigacion* (6TA ed.). (M. A. Toledo Castellanos, Ed.) C. D. Mexico: Mc Graw Hill Education.

Herranz, A. B. (2019). *Desarrollo de aplicaciones para IoT con el modulo ESP32*. Alcala: Universidad de Alcala.

Loor, A., & Alvarez, H. (2022). *Desarrollo de un banco de pruebas utilizando el chip ESP32 y el asistente virtual alexa para el laboratorio de domotica*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.

Lopez, M. (2013). *Propuesta de diseño de sistema de control y monitoreo automatizado para Skid de medicion de transferencia custodia para el proceso de despacho a camiones cisternas de GLP en la empresa Vop*. Tesis, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Recuperado el 21 de 3 de 2024, de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3589087>

Monje, A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Colombia: Universidad Sur colombiana.

Murillo, D. (2018). *Desarrollo de una sistema SCADA para el abastecimiento de agua en la estacion de bombeo Yuyucocha de la empresa municipal de agua potable y alcantarillado de Ibarra*. Quito: Universidad Politecnica Salesiana. Recuperado el 23 de 3 de 2024, de



<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15011/1/UPS%20-%20ST003383.pdf>

Paredes, J. (2013). *Estudio y diseño de la automatización del sistema de bombeo para el llenado de un tanque elevado de la municipalidad distrital de Pomalca*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.

Rodriguez, P. (2019). *Diseño y simulación de un sistema SCADA para el control y monitoreo de reservorios de agua potable usando un algoritmo de control mediante una red inalámbrica en Arequipa*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María. Recuperado el 22 de 3 de 2024, de <https://core.ac.uk/download/pdf/287059737.pdf>

Salazar, D., & Villacreses, A. (2015). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aseptico de jugo de Maracuya en la agro industria frutas de la pasión C. LTDA*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 22 de 3 de 2024, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10430/1/UPS-GT001516.pdf>

Torres, J., & Chanoluisa, S. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de control en una planta de llenado de tanques a escala usando un transmisor de nivel y algoritmo PID para pruebas en el laboratorio de automatización industrial*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

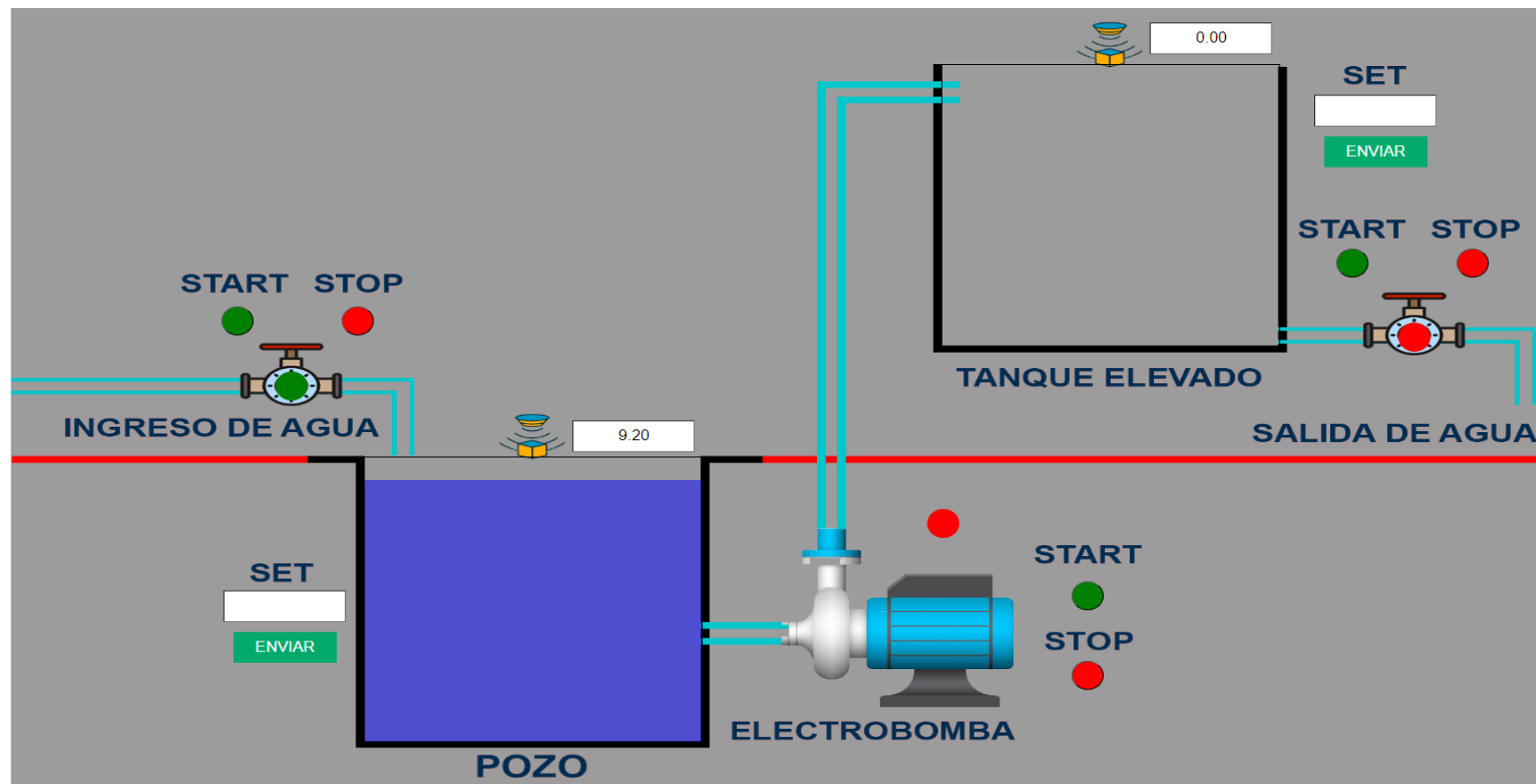
Título: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA

PROBLEMA	OBJETIVO	JUSTIFICACIÓN	VARIABLE	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema General ¿Cómo realizar el análisis y diseño de un Sistema automático para el llenado de tanque elevado con controladores lógicos programables? Problemas Específicos ¿Cómo realizar el análisis y diseño del control de llenado de tanque elevado con controladores lógico programables? ¿Cómo realizar el análisis y diseño de la etapa monitoreo del llenado de tanque elevado con controladores lógico programables?	Objetivos General Realizar el análisis y diseño de un sistema automático para el llenado de tanque elevado con controladores lógico programables. Objetivos Específicos Realizar el análisis y diseño de la etapa de control de llenado de tanque elevado con controladores lógico programables PLCs. Realizar el análisis y diseño de la etapa de monitoreo del llenado de tanque elevado con controladores lógico programables PLCs.	El objetivo de la tesis propuesta es desarrollar un sistema de llenado de tanques elevados que pueda ser aplicado tanto en el ámbito industrial como en viviendas de la ciudad de Juliaca. Para su implementación, se utilizarán dispositivos de redes industriales como los PLC, que incluyen módulos de comunicación con puerto Ethernet, junto con la Interfaz Hombre-Máquina (HMI). El PLC será programado utilizando los entornos SoMachine, Basic y EcoStruxure, ambos del fabricante Schneider Electric, mientras que la programación de la HMI se llevará a cabo en el entorno Vijeo Designer.	Variable Independiente PLC de gama media Variable Dependiente Análisis y diseño del sistema automático de llenado de tanque elevado	Hipótesis General Si se implementa un sistema automático basado en controladores lógico programables (PLCs) para el llenado de tanques elevados, entonces se mejorará significativamente la eficiencia y precisión en la gestión del recurso hídrico, reduciendo tanto el desperdicio de agua como los costos operativos, en comparación con los métodos manuales o semiautomáticos tradicionales.	ENFOQUE: Cuantitativo TIPO: Tecnológico NIVEL: Aplicativo DISEÑO: Experimental POBLACIÓN: Análisis y diseño de sistemas automáticos. MUESTRA: Análisis y diseño de sistemas automáticos para el llenado de tanque elevado.

Anexo 2. Servidor Web - HMI

Figura 75:

Servidor Web – HMI – Sistema automático para el llenado de tanque elevado



Nota: Realizado por el tesista

Servidor Web – HMI

El sistema HMI tiene como características realizar interacción mediante una pantalla con el PCB de simulación. Es por ello que se utilizó una TABLET XIAOMI PAD 6 para su interacción con el HMI.

Base de datos

La base de datos almacena la información enviada por el PLC Finde OPTA hacia el archivo en el servidor web denominado "plc-post.php".

Figura 76:

Data almacenada en la BBDD de la tabla "sall"

					ID	1	ES_IA	ES_SA	ES_B1	SU1_CH	SU2_CH	FECHA	HORA	
☐		Editar		Copiar		Borrar	102419	1	0	0	9.20	0.00	31-08-2024	17:17:08
☐		Editar		Copiar		Borrar	102418	1	0	0	9.22	0.00	31-08-2024	17:17:08
☐		Editar		Copiar		Borrar	102417	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:07
☐		Editar		Copiar		Borrar	102416	1	0	0	9.20	0.00	31-08-2024	17:17:06
☐		Editar		Copiar		Borrar	102415	1	0	0	9.22	0.00	31-08-2024	17:17:06
☐		Editar		Copiar		Borrar	102414	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:05
☐		Editar		Copiar		Borrar	102413	1	0	0	9.22	0.00	31-08-2024	17:17:05
☐		Editar		Copiar		Borrar	102412	1	0	0	9.22	0.00	31-08-2024	17:17:04
☐		Editar		Copiar		Borrar	102411	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:04
☐		Editar		Copiar		Borrar	102410	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:03
☐		Editar		Copiar		Borrar	102409	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:03
☐		Editar		Copiar		Borrar	102408	1	0	0	9.21	0.01	31-08-2024	17:17:02
☐		Editar		Copiar		Borrar	102407	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:02
☐		Editar		Copiar		Borrar	102406	1	0	0	9.20	0.00	31-08-2024	17:17:01
☐		Editar		Copiar		Borrar	102405	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:01
☐		Editar		Copiar		Borrar	102404	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:00
☐		Editar		Copiar		Borrar	102403	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:17:00
☐		Editar		Copiar		Borrar	102402	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:16:59
☐		Editar		Copiar		Borrar	102401	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:16:59
☐		Editar		Copiar		Borrar	102400	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:16:58
☐		Editar		Copiar		Borrar	102399	1	0	0	9.22	0.00	31-08-2024	17:16:57
☐		Editar		Copiar		Borrar	102398	1	0	0	9.21	0.00	31-08-2024	17:16:57

Nota: Realizado por el tesista

Recepción de datos y guardado – plc-post.php

Para la recepción de datos se creó una variable \$data en el lenguaje de Compilación PHP, donde se encarga recibir los datos enviado por el PLC Finder OPTA para su procesamiento.

Figura 77:

Sub rutina de captura y guardado en la BBDD

```
$servername = "localhost";
$dbname = "cbme";
$username = "root";
$password = "";

$conn = mysqli_connect($servername, $username, $password, $dbname);

if (!$conn) {
    die("Connection failed: " . mysqli_connect_error());
}

echo "Connected successfully";

if ($SU1_CH != ""){
    //-----INGRESO DE DATOS EN LA TABLA SALL-----
    $sql = "INSERT INTO sall (ES_IA, ES_SA, ES_B1, SU1_CH, SU2_CH, FECHA, HORA)
        VALUES ($data)";
    if (mysqli_query($conn, $sql)) {
        echo "New record created successfully";
    } else {
        echo "Error: " . $sql . "<br>" . mysqli_error($conn);
    }

    mysqli_close($conn);
} else {
    echo "No hay datos a ingresar en la tabla TCB-1...";
}
```

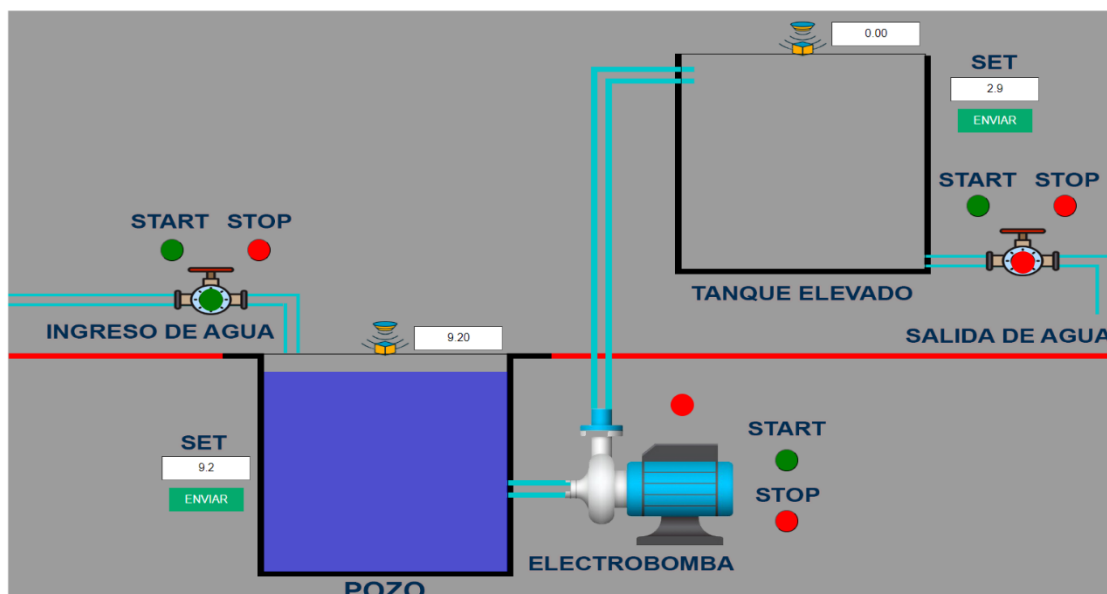
Nota: Realizado por el tesista

Pantalla principal – cbme.php

En la pantalla principal se tiene 6 botones para el encendido y apagado de la electrobomba y electroválvulas, además de dos botones para el envío de información para el seteo de nivel de agua hacia el PLC Finder OPTA.

Figura 78:

Pantalla principal – HMI - operatividad



Nota: Realizado por el tesista

Para mostrar los datos provenientes de los sensores, se diseñaron cuatro campos INPUT que despliegan los valores extraídos de la base de datos. Estos valores se actualizan cada 100 ms, para lo cual se implementó una subrutina en JavaScript encargada de gestionar dicha actualización.

Figura 79:

Subrutina de actualización de INPUTS – HMI

```
function actualizarFormulario() {
    $.ajax({
        url: "../actualiza_INPUTS.php",
        type: "GET",
        dataType: "json",
        success: function(data) {
            $('#SU1_CH').val(data.objeto.campo1);
            $('#SU2_CH').val(data.objeto.campo2);
        },
        error: function() {
            //console.log(function());
            console.log('Error al obtener datos del servidor.');
```

Nota: Realizado por el tesista

Para el envío de información de seteo tanto del POZO y RESERVORIO se creó una función para el envío de los datos que se ingresan en lo INPUTs.

Figura 80:

Subrutina de envío de información de seteo – HMI

```
function enviar_valor_set_pozo() {
    var valor = document.getElementById('S_POZO').value;

    // Verificar si el valor es un número válido
    if (!isNaN(valor) && valor.trim() !== '' && /^[0-9]*\.[0-9]+$/.test(valor)) {
        alert("Valor válido: " + valor);
        fetch('http://192.168.100.39/relay?number=${3}&state=${valor}')
            .then(response => response.text())
            .then(data => console.log(data))
            .catch(error => console.error('Error:', error));
        // Aquí puedes añadir la lógica para enviar el valor al servidor o hacer lo que necesites con él
    } else {
        alert("Por favor, ingresa un número válido.");
    }
}

function enviar_valor_set_reservorio() {
    var valor = document.getElementById('S_RESERVORIO').value;

    // Verificar si el valor es un número válido
    if (!isNaN(valor) && valor.trim() !== '' && /^[0-9]*\.[0-9]+$/.test(valor)) {
        alert("Valor válido: " + valor);
        fetch('http://192.168.100.39/relay?number=${3}&state=${valor}')
            .then(response => response.text())
            .then(data => console.log(data))
            .catch(error => console.error('Error:', error));
        // Aquí puedes añadir la lógica para enviar el valor al servidor o hacer lo que necesites con él
    } else {
        alert("Por favor, ingresa un número válido.");
    }
}
```

Nota: Realizado por el tesista

Pantalla principal – indicadores.php

Se crean tres indicadores circulares para mostrar el estado de carga y se actualizan según la base de datos cada 100 ms.

Figura 81:

Subrutina de actualización de INDICADORES – HMI

```
if ($inc){
    $consulta = "SELECT * FROM sall WHERE ID=(SELECT MAX(ID) AS ID FROM sall)";
    $resultado = mysqli_query($conex, $consulta);

    if($resultado){
        while($row = $resultado->fetch_array()){
            $valorSensor1 = $row["ES_IA"];
            $valorSensor2 = $row["ES_SA"];
            $valorSensor3 = $row["ES_B1"];
        }
    }

    $colorIndicador1 = $valorSensor1 > 0 ? 'verde' : 'rojo';
    $colorIndicador2 = $valorSensor2 > 0 ? 'verde' : 'rojo';
    $colorIndicador3 = $valorSensor3 > 0 ? 'verde' : 'rojo';

    echo json_encode(array(
        'indicador1' => $colorIndicador1,
        'indicador2' => $colorIndicador2,
        'indicador3' => $colorIndicador3,
    ));
}
```

Nota: Realizado por el tesista



Anexo 3. Validación de instrumento

Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez							
TÍTULO:	ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA						
AUTOR:	PEDRO LUIS APAZA NINA						
VALIDACIÓN DE LOS SENSORES UTILIZADOS							
ÍTEM	SENSOR	ERROR	LINEALIDAD	CALIFICACIÓN			COMENTARIOS
				MALO	REGULAR	BUENO	
1	HC-SR04	1.00%	1.00%				
VALIDACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS							
MEDICIONES	ALTURAS POZO Y RESERVORIO HC-SR04 vs REAL						
	Altura Pozo (cm)	Medida real (cm)	Caudal Medido (Uh)	MEDICIONES	Altura Reservoirio (cm)	Medida real (cm)	
	1	0.43	0.44	0.29	1	0.43	0.43
	2	0.43	0.43	1.29	2	0.42	0.43
	3	0.44	0.42	2.29	3	0.43	0.44
	4	0.42	0.43	3.29	4	0.43	0.43
	5	0.43	0.43	4.29	5	0.44	0.44
Promedio	0.43	0.43	2.29	Promedio	0.43	0.434	
	PRECISION			CALIFICACION			COMENTARIOS
	Sensor de altura			MALO	REGULAR	BUENO	
	Presión/Error:	99.5%/0.5%					
APELLIDOS Y NOMBRES:	VALDIVIA CÁRDENAS SALVADOR TEODORO						
PROFESION:	INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA						
REGISTRO No CIP:	76441						
EMAIL:	svakiviacardenas@gmail.com						
No CELULAR:	994 9119 14						



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 28/10/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: PEDRO LUIS APAZA NINA

Dirección: Comunidad Cucho Amaru, distrito de Huancané - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70473513

Teléfono: 973431448 email: luis.2primer@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL LLENADO DE TANQUE
ELEVADO CON PLC DE GAMA MEDIA

Palabras claves, (3 a 5 términos): Sistema automático, tanque elevado, PLC.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☒ Internacional

☐ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES – P19

Firma de Autor



huella digital

28 - OCTUBRE - 2025

Fecha