



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título del proyecto:
Sistema de control con interfaz HMI para el proceso de enfriamiento de las unidades de generación de la hidroeléctrica Topo
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Haro Cuadrado Daniel Leonardo
Tutor/a:
Albarracín Guarochico Wilmer Fabian

Quito – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Mg. Wilmer Fabian Albarracín Guarochico con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Sistema de control con interfaz HMI para el proceso de enfriamiento de las unidades de generación de la hidroeléctrica Topo.

Elaborado por: Daniel Leonardo Haro Cuadrado, de C.I: 1600708687, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 28 de septiembre de 2022

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	i
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.1. Contextualización general del estado del arte	3
1.2. Proceso investigativo metodológico	7
CAPÍTULO II: PROPUESTA	9
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	9
2.1.1 Hidroeléctrica	9
2.1.2 Tipos de instalaciones hidroeléctricas	9
2.1.3 Sistema de enfriamiento	11
2.1.4 Interfaz hombre máquina	12
2.2 Descripción de la propuesta	12
2.2.1 Sistema de agua de enfriamiento	16
2.2.2 Programación y control del PLC Schneider TM 221R	18
2.2.3 Programación HMI KINKO GL070E.	23
2.2.4 Diagramas eléctricos y de control	32
2.3 Validación de la propuesta	37
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	40
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	41
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
Bibliografía	47
ANEXOS	49
ANEXO 1: PROGRAMACIÓN PLC Y DISEÑO DE PANTALLAS DE HMI	49

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Tipo de centrales hidroeléctricas.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2. Variables de entrada digitales.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3. Variables de entrada analógica</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4. Variables de Salidas digital</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 5. Asignación de memorias y variables del diagrama Ladder</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 6. Descripción de perfil de validadores.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 7. Criterios de evaluación</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 8. Escala de evaluación Mg. Álvaro Guillermo Cevallos Vizcaíno.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 9. Escala de evaluación Mg. Saul Vinicio Gancino Ortega.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 10. Escala de evaluación Mg. Galo Marcelo Tapia Estrella.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 11. Matriz de articulación</i>	<i>40</i>

Índice de figuras

<i>Figura 1. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Diagrama P&ID del sistema de agua de enfriamiento.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Diagrama P&ID de circulación del agua del sistema de agua de enfriamiento.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4. Interfaz del Software EcoStruxure.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5. Diagrama Ladder de programación del TM 221C.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6. Direccionamiento IP.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Estructura de conexión.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8. Configuración de los dispositivos.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9. Configuración de entradas para monitorización de PLC en el HMI.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10. Configuración de salidas para monitorización de PLC en el HMI.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11 Interfaz de pantalla HMI en modo manual.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12. Pantalla de configuración del sistema en modo manual.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 13. Pantalla de visualización datos de temperatura y presión de las válvulas</i>	<i>31</i>
<i>Figura 14. Pantalla de visualización del sistema con estados ON-OFF</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15. Diagrama de conexión para alimentación del PLC</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16 Diagrama de simulación de mando del sistema</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17 Diagrama de simulación de control de bomba 1</i>	<i>34</i>
<i>Figura 18 Diagrama de simulación de control de bomba 2</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19. Diagrama de simulación de electroválvulas</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20. Resultado de las acciones de enclavamiento del sistema HMI en estado inicial ..</i>	<i>41</i>
<i>Figura 21. Comportamiento del sistema luego de la activación</i>	<i>42</i>
<i>Figura 22. Comportamiento del sistema luego de la activación</i>	<i>42</i>
<i>Figura 23. Interfaz gráfica de la pantalla principal.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 24. Interfaz gráfica de la pantalla de los dos ramales</i>	<i>43</i>
<i>Figura 25. Prototipo final</i>	<i>44</i>

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

Actualmente un HMI (Interfaz hombre - máquina) es un aspecto muy destacado en la automatización industrial, encaminando este campo en manos de esta tecnología, debido a que este sistema conecta a una persona con una máquina en el contexto de los procesos industriales que controlan y monitorean máquinas de producción, en el ámbito profesional se emplea su denominación "Interfaz hombre - máquina" en este tipo de paneles de operador. Este sistema permite operaciones confiables de tecnología en sus aplicaciones, incluyendo trenes de alta velocidad, centros mecanizados, equipos de producción de semiconductores, es decir la interfaz HMI cubre todos los elementos que una persona puede ver, tocar y escuchar o hará uso para llevar a cabo un control y obtener respuesta sobre esto.

La central hidroeléctrica Topo está ubicada en la parroquia de Rio Negro, provincia de Tungurahua cuya forma física se asemeja a una U opera desde el año 2016 la central hidroeléctrica Topo, un proyecto de la empresa ECUAGESA S.A., empresa que aporta con la matriz productiva al introducir 29,2 MW al Sistema Nacional Interconectado administrado por el estado. Este proyecto que no emplea combustibles fósiles es catalogado por la agencia de regulación y control de electricidad como no convencional y con un bajo impacto ambiental, la central tiene una caída de agua de 165 metros que es conducida por una tubería de 600 metros de longitud de fibra de vidrio reforzado.

La interfaz HMI para el proceso de enfriamiento de la Central Hidroeléctrica Topo no se encuentra definido para mantener un monitoreo de los procesos de retrolavado y verificar el correcto funcionamiento de las etapas, por lo cual se va a partir de un diseño de Interfaz Hombre Máquina que permita y desarrollar la interfaz gráfica que permita a los trabajadores llevar un control del funcionamiento y monitoreo de las etapas del proceso.

Mediante visitas de campo a la central Hidroeléctrica Topo se pudo evidenciar que el personal operativo que maneja el sistema de enfriamiento realiza sus actividades de forma rutinaria ignorando criterios técnicos y normas o estándares por lo que no se garantiza el adecuado funcionamiento del sistema por lo constantemente se tiene inconvenientes con el flujo del agua poniendo en riesgo a la planta.

Problema de investigación

Actualmente la Central se han presentado riesgos de fallos en el funcionamiento de sistemas importantes de las unidades de generación, producto de factores ambientales y de la calidad del recurso hídrico utilizado en el sistema de enfriamiento de los generadores, lo que produce desequilibrios en la central hidroeléctrica, al llegar el invierno los sedimentos y gran cantidad de partículas provenientes del agua taponan los filtros del sistema de agua de enfriamiento, lo que afecta el buen funcionamiento y permite que la temperatura suba en los componentes electromecánicos de las unidades.

En este contexto la opción de mejora en el funcionamiento de la central hidroeléctrica Topo es la oportunidad de implementar la automatización del proceso de retrolavado de los elementos electromecánicos del sistema de agua de enfriamiento, al contar con un proceso manual de control de temperatura y apertura y cierre de tuberías.

Los filtros de control de impurezas son propensos a obstruirse debido al ensuciamiento causado por la alta turbidez en especial partículas pesadas del río que proporciona la fuente de agua de la planta para la recirculación en el proceso de enfriamiento. Además, el río se encuentra sujeto a alteraciones estacionales cuando el clima y las condiciones ambientales aumentan su turbidez.

De continuar esta situación las condiciones terminarán en paradas diarias de la central hidroeléctricas ya que los empleados deberán detener las operaciones para limpiar o reemplazar los filtros manualmente, además estas condiciones requerirán la disponibilidad de personal de mantenimiento disponible las 24 horas para minimizar el tiempo de inactividad de la hidroeléctrica

Objetivo general

Diseñar un sistema de control con interfaz HMI para el proceso retrolavado del sistema agua de enfriamiento de las unidades de generación de la hidroeléctrica Topo

Objetivos específicos

- Contextualizar los fundamentos teóricos de la central hidroeléctrica Topo, sistema de agua de enfriamiento y proceso de retrolavado.

- Diseñar una interfaz hombre-máquina (HMI) para el proceso de retrolavado del sistema de agua de enfriamiento.
- Realizar diseños, planos y programaciones que permitan instalar el prototipo en el mantenimiento anual 2022.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

La presente investigación beneficiará directamente al personal que labora en la central hidroeléctrica Topo ya que su propuesta facilitará el desarrollo de sus operaciones, así mismo se verán beneficiados los sectores aledaños debido a que se evitará futuros incidentes ambientales y desastros de la naturaleza. Por otra parte, la población estudiantil se encuentra vinculada al beneficio puesto que el documento estará disponible en el repositorio digital como información para el desarrollo de futuros trabajos de interfaces para procesos de enfriamiento.

De esta manera el trabajo de investigación permite la búsqueda y análisis de información verídica, no sólo a los profesionales del área, sino a otros actores de la industria, otras centrales hidroeléctricas del país, así como al personal que opera para estas, y a toda la comunidad en general.

Existen los beneficiarios directos con el presente proyecto que son 12 los operarios encargados de toda la producción y de la etapa de retrolavado, un supervisor encargado del personal, personal de mantenimiento técnico y todo el personal administrativo que están en la gestión de la Hidroeléctrica Topo, en donde se pretende llegar al 100% de ellos.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

En estos cinco años de operación de la Central se han presentado riesgos y fallos en sistemas importantes para el funcionamiento de las unidades de generación lo que ha ocasionado indisponibilidad de la central hidroeléctrica, a causa del alto grado de erosión y corrosión; debido a factores ambientales y de la calidad del recurso hídrico que se emplea el sistema de enfriamiento de los generadores. El sistema de agua de enfriamiento SAE es de ciclo abierto que toma el agua turbinada, la usa para el enfriamiento de los generadores y la devuelve a la descarga del río. En épocas invernales la sedimentación y el alto porcentaje de partículas

existente en el agua tapan los filtros del sistema de agua de enfriamiento, esta condición ha afectado en el correcto desempeño y produce la elevación de temperaturas de los componentes electromecánicos de las unidades de generación. De igual forma la turbidez del agua ha forzado a mantener la operación de las máquinas en los niveles límites de temperatura y en algunos casos la parada de la producción de energía eléctrica hasta solventar el taponamiento de filtros.

Todas las señales de monitoreo se visualizan en el sistema SCADA, pero no existe un sistema automático que permita controlar el proceso de retrolavado de los elementos electromecánicos del SAE, estableciendo la necesidad de diseñar un sistema que permita automatizar el proceso de retrolavado del sistema de agua de enfriamiento.

(Fu & Yongqian , 2004) desarrolló un sistema de control y monitoreo inteligente utilizando una tarjeta Raspberry Pi para la automatización de pequeñas plantas de tratamiento de agua y para controlar el sistema viene con ventajas como el bajo costo y el tamaño compacto. (Peña, 2018) desarrolló una automatización para la supervisión y el control de una microplanta hidroeléctrica (MHC) utilizando el HMI y el PLC especificados, que produce alrededor de 120 kwh de energía verde. (Armato, 2005. Texas) desarrolló un filtro biológico aireado (BAF), con el fin del rendimiento óptimo después del retrolavado que necesita 5 ~ 6 h para recuperarse con el período de retrolavado 24 horas. (Begley , 2005, Mar 18)desarrolló un proceso técnico avanzado para las aguas residuales que contienen polímeros en el campo petrolero. Está equipado con una unidad de retrolavado automática, que puede realizar un retrolavado oportuno y completo y evitar que el material filtrante se endurezca. (Coch, 2018)desarrolló un sistema de filtración de alta velocidad que utiliza un imán HTS para purificar las aguas residuales usadas. El agua se hace fluir cerca del imán HTS a granel y el rebaño se filtra por la fuerza magnética. Es menos costoso debido a su sencilla construcción. (Freakonomics , 29 de octubre de 2010)este trabajo informa del diseño, la fabricación y las pruebas de un nuevo microfiltro MEMS desarrollado a partir de un dispositivo de onda de placa flexible (FPW) que utiliza un mecanismo de autolimpieza para los microfiltros y que presenta interesantes posibilidades para reducir el ensuciamiento del filtro, lo que permite filtrar mayores volúmenes de fluido y prolonga la vida útil del filtro.

Además, se cuenta con investigaciones relevantes relacionadas al tema en el repositorio digital de la Universidad Tecnológica Israel, los cuales se citan a continuación:

(G., 2020) en su trabajo de titulación para el proceso de recepción de materia prima en la planta de balanceados Pronaca” pretende modernizar el área con descarga automática para lo cual realizó un estudio obteniendo facilidad de visualización de datos en tiempos real, optimizando el tiempo de descarga, además para el proceso de almacenaje utilizó el método empírico, iniciando el proceso con la llegada de materia prima al almacenaje luego el operador verifica la ruta disponible y define el destino final. Se concluye que el proceso de almacenaje inicia con la selección de ruta con HMI pasando al proceso del PLC que envía señales ubicando las válvulas de posicionamiento y los sensores finales de carrera, finalizando con la señal de llenado en los sensores de nivel. Para Cachumba, (2019) en su trabajo Implementación de un prototipo para el control automático de nivel de agua para tanques de almacenamiento con interfaz HMI, presenta el control de nivel por medio de HMI para el lavado de filtros con la ayuda de sensores de nivel, el proceso consiste en el ingreso y salida del agua del filtro de lavado, el sistema es automático y manual, cuando se requiere un lavado manual se activa la apertura o cierre de válvula respectiva y cuando es automático se selecciona la opción y el proceso se realiza por el sistema. Por otra parte Cruz, (2019) en su trabajo de titulación Implementación de sistema de control y supervisión HMI para relleno de tubos de Rayos x, realiza un prototipo de máquina de control automático para el relleno de tubos de rayos x con aceite dieléctrico, para lo cual realiza una investigación bibliográfica y posteriormente realiza una programación para el control con arduino Mega, y la programación HMI para visualizar los procesos mediante imágenes y palabras concretas, los procesos son automáticos ya que cuenta con sensores de presión y temperatura programada.

La central hidroeléctrica Topo, aporta a la matriz productiva al introducir 29,2 MW al Sistema Nacional Interconectado administrado por el estado. Este proyecto que no emplea combustibles fósiles y es catalogado por la Agencia de regulación y control de electricidad como no convencional y con un bajo impacto ambiental (electricidad, 2015) la central tiene una caída de agua de 165 metros que es conducida por una tubería de 600 metros de longitud de fibra de vidrio reforzado, luego el caudal ingresa a un túnel de 500 metros de longitud y desemboca en el tanque de carga desde donde se toma en cuenta la altura de 165 m para la generación

energética. El caudal llega a casa de máquinas por la tubería de presión así mismo construida con fibra de vidrio reforzada para hacer girar las dos turbinas, cada una con una potencia instalada de 14,6 MW, que en suma generan 29,2 MW de potencia total, pero la generación limpia con estándares de calidad y responsabilidad ambiental. (Fu & Yongqian , 2004)

Ahora, la operación y mantenimiento está cambiando principalmente debido al crecimiento y la variedad de activos que requieren mantenimiento, debido a diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento y una visión cambiante de las organizaciones de mantenimiento y su responsabilidad. (Hammond & Harvey, 2019)

El desarrolló un colador de limpieza automática, en el que la limpieza del colador se realiza mediante un proceso de retrolavado. Cada vez que el colador se obstruye, es detectado por los medidores de presión diferencial y se inicia el proceso de lavado a contracorriente, lo que ahorra el período de limpieza y automatiza el proceso de filtrado (Barillas, 2015), desarrolló el sistema de purificación de agua mediante el uso de una tecnología de plasma para transformar el agua líquida en un plasma para eliminar los patógenos del agua mediante la exposición de la radiación ultravioleta, las ondas de choque y los campos eléctricos, que limpia el filtro compuesto de contaminantes. Es eficiente y menos costoso (Hobbis y otros, 2018), desarrolló el mecanismo de Electrospinning, Utiliza las membranas de compuestos nano fibrosos para la eliminación de contaminantes, incluyendo bacterias / virus, metales pesados y iones.

La necesidad básica de todo individuo es el agua limpia. Debido a la urbanización y la industrialización se utiliza una enorme cantidad de agua para diversos fines. Las aguas residuales de las industrias están contaminando el agua pura. El agua es un recurso vital, tiene que ser preservado para la generación futura o de lo contrario se producirá una escasez de agua. La contaminación del agua puede ser prevenida mediante el tratamiento de las aguas residuales. Uno de estos tratamientos del agua incluye la filtración. Especialmente las plantas siderúrgicas utilizan una enorme cantidad de agua para la refrigeración, la transferencia de aguas residuales y el control del polvo. Las plantas tienen molinos de sinterización, rodillos refrigerados por agua, bombas, hornos de desbaste y equipos de extrusión que necesitan agua pura. Los filtros de agua separan las impurezas sólidas y químicas mediante coladores. Los anteriores filtros convencionales se limpian con un método manual que es menos fiable y requiere más mano de obra. En los filtros modernos, la malla filtrante se limpia automáticamente mediante un mecanismo llamado lavado a contracorriente. Este mecanismo reduce la necesidad de mano de obra, mejora la capacidad y la eficacia de la filtración. El término retrolavado se refiere al

bombeo de agua hacia atrás a través de los filtros utilizando medios como el agua. Así, el sistema de lavado a contracorriente es una situación ideal que limpia el filtro a intervalos regulares de tiempo. Además, proporciona la solución más productiva y libre de trabajo para superar las limitaciones de los métodos manuales. Esto se hace mediante la supervisión y control del sistema a través de la interfaz hombre-máquina (HMI) conectada al controlador lógico programable (PLC).

1.2. Proceso investigativo metodológico

Para el desarrollo de este trabajo se busca implementar una investigación tecnológica ya que se pretende hacer un diseño de mejora de un proceso, a partir de la automatización de un proceso mecánico manual. Para lo cual se hace uso de la investigación de tipo bibliográfico documental ya que se realiza una investigación exhaustiva de diferentes bases de datos académicas a fin de tener un respaldo, además se realiza una investigación de campo ya que se busca obtener información directa de los profesionales que operan la central hidroeléctrica, se tiene un estudio transversal el cual permite recolectar información acerca de los la situación tecnológica de la central y de esta manera elaborar el sistema de control. Además, se cuenta con una investigación acción ya que el estudio se realizará con la actuación del autor para la recolección de información y consecución en el área de estudio con lo que se plantea dar solución a la problemática. Finalmente se tiene una investigación por alcances exploratoria en razón a que el proceso investigativo se llevará a cabo en la central Topo y descriptiva ya que se realizará la interfaz HMI en donde se controla el proceso de enfriamiento.

Para el trabajo de titulación se implementará un método tecnológico con una metodología cuantitativa: ya que se buscó un problema práctico que es la falta de control automático del proceso de retrolavado del sistema de Agua de Enfriamiento SAE. Mediante la automatización este sistema busca satisfacer la necesidad de control automático de un proceso industrial. Las pruebas y correcciones se realizarán durante el desarrollo de esta investigación.

La técnica para usar será el análisis cuantitativo de datos secundarios porque se busca validar numéricamente los datos secundarios de los diferentes sistemas y PLC's usados en la central de generación hidroeléctrica. La técnica de recopilación de datos existentes se emplea para determinar los datos de versatilidad, uso, precio, antecedentes y comunicación de los autómatas usados y existentes en la central hidroeléctrica. El instrumento para el desarrollo se establece el

cuestionario estructurado herramienta que permitirá obtener los datos confiables y válidos de los diferentes sistemas. Cuestionario que se validará por juicio de expertos.

Como población se pretende denostar y escoger los sistemas en los que se usen autómatas programables para los diferentes procesos de la planta hidroeléctrica. Se usará una muestra no probabilística por decisión de expertos que permita escoger los PLC más usados en la central, mismos que se valorarán en función de sus características y diseño.

La metodología que esta investigación toma referencia es el caso hipotético deductivo donde sintetiza los aspectos más importantes de los otros casos de metodología teniendo mención las pruebas, análisis, el orden y la fiabilidad de la información, Adicional se analiza antes de realizar la investigación de campo del proyecto con sus diferentes aristas con las suficientes pruebas para que la implementación del proyecto cuente con la base científica bien cimentada con proyectos que muestren soluciones parecidas.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

Interfaz HMI para el proceso de enfriamiento de la central hidroeléctrica Topo

Introducción

En la evolución tecnológica actualmente se presentan muchos factores de cambio, para la creación de la Interfaz HMI para el proceso de enfriamiento de la central hidroeléctrica Topo, hace referencia a las fuentes donde el método de obtención de energía nos pueden facilitar el proceso de uso de recursos renovables, generando menos impacto ambiental y sabiendo aprovechar los recursos, en la parte matemática, es la clave del desarrollo porque depende de los estudios de caso, el análisis estadístico y la gestión de información mediante las nuevas tecnologías de información que nos pueden brindar a través de nubes y de la inteligencia artificial.

2.1.1 Hidroeléctrica

La energía es un factor indispensable para el desarrollo tanto social como económico de las sociedades. La utilización de recursos de energía renovable al tiempo que aumenta la producción de energía reduce la dependencia de los países de fuentes extranjeras y no contamina el medio ambiente mientras genera energía a través de fuentes de energía renovables. La energía renovable más utilizada en el mundo es la energía hidráulica (van Atteveldt & Tijmsa, 2019).

Beneficios económicos y medioambientales de las centrales hidroeléctricas

Así como su potencial mundial, contribuyen de manera importante a las necesidades energéticas del mundo. Por tal, es importante aumentar la producción de energía hidroeléctrica y el rendimiento y la capacidad de las centrales hidroeléctricas existentes (University, 2019).

2.1.2 Tipos de instalaciones hidroeléctricas

Algunas centrales hidroeléctricas no utilizan represas, no todas las represas se construyen para energía hidroeléctrica, son útiles para bombear toneladas de energía renovable a la red. Las represas también se utilizan para recreación, estanques de ganado/granjas, control de

inundaciones, suministro de agua e irrigación (Cruz, 2020). Según la clasificación de las centrales hidroeléctricas por el tipo de presa hay 3 tipos de instalaciones:

Tabla 1. Tipo de centrales hidroeléctricas

Embalse	Desvío	Almacenamiento bombeo
<p>Un gran sistema hidroeléctrico, utiliza una presa para almacenar agua de río en un embalse. El agua del depósito hace girar la turbina, activando el generador y produce electricidad (Harvey, Inostroza, & Pérez, 2021). Se libera el agua para satisfacer las necesidades, control de inundaciones, la recreación, el paso de peces y otras necesidades ambientales (Gómez A. , 2019).</p>	<p>Un desvío denominado instalación de corriente de río, canaliza una parte de un río a través de un canal o tubería forzada para utilizar el declive natural de la elevación del lecho del río para producir energía. Un desvío puede no requerir el uso de una presa (Baldoce, 2019).</p>	<p>Funciona como una batería gigante. Esta instalación puede almacenar la electricidad generada por otras fuentes de energía, como la solar, la eólica y la nuclear (Rivero, 2021). Cuando la demanda de electricidad es baja, esta instalación almacena energía bombeando agua desde el depósito inferior a un depósito superior. (Plasencia, 2019).</p>

Tamaños de las centrales hidroeléctricas

Las instalaciones hidroeléctricas según su tamaño existen centrales eléctricas grandes, que proporcionan electricidad a muchos consumidores, hasta pequeñas e incluso micro centrales, que son operadas por individuos para sustentar necesidades de energía local o para suministrar energía a las empresas de servicios públicos (Fu & Yongqian , 2004). Se define a las grandes centrales hidroeléctricas como instalaciones con capacidad de más de 30 megavatios (MW). Pequeñas centrales como proyectos que generan entre 100 kilovatios y 10 MW. Micro central con capacidad para producir 100 kilovatios. Una central de energía hidroeléctrica pequeña o micro es capaz de generar electricidad para un solo domicilio (Levy, Messina, & Contreras, 2021).

Origen de las centrales hidroeléctricas

Hydro viene del griego para agua. La energía hidroeléctrica se obtiene moviendo el agua, ha estado en uso durante miles de años. Los antiguos romanos construyeron ruedas movidas por

el agua, no servían para generar electricidad, sino para hacer harina y panes, como los molinos de agua, otra fuente de energía hidroeléctrica, usados para moler grano, crear fuego para fabricar acero (Begley , 2005, Mar 18). La primera central de EE. UU. se construyó en el río Fox en 1882, alimentaba dos fábricas de papel y una casa. (Coch, 2018). En Ecuador la primera hidroeléctrica es Pucará, ubicada en Pillarlo, parroquia San José de Poaló. Inicio a operar en 1977, aportando 73 MW al sistema nacional de energía (Hammond & Harvey, 2019), el agua de esta conversión de energía es de uso agrícola (Begley , 2005, Mar 18).

Proceso de las centrales hidroeléctricas

La energía del agua fluye a través de túneles de la presa haciendo girar las turbinas y los generadores se mueven. Los generadores son máquinas que producen electricidad. Es necesario controlar la cantidad de agua que pasa a través de la presa. El proceso utilizado para controlar este flujo de agua se denomina sistema de toma. Cuando se necesita mucha energía, la mayoría de los túneles están abiertos (Armato, 2005. Texas). DE lo contrario, se reduce la velocidad del sistema cerrando túneles. En inundaciones, el sistema de toma se ayuda por un vertedero.

Modelos matemáticos y algoritmos para gestionar el agua reservada

- Algoritmo del riñón
- Algoritmo del tiburón
- Algoritmo de murciélago

2.1.3 Sistema de enfriamiento

Los parámetros más importantes para determinar las capacidades de producción de energía de las unidades turbinas generadoras en las centrales hidroeléctricas son caída y caudal del agua. De esta manera, se determinan las capacidades de las centrales hidroeléctricas, sin embargo, no pueden producir a plena capacidad debido a que los tubos capilares de los intercambiadores de calor tubulares utilizados para enfriar el aceite del cojinete de empuje, tienen grietas debido a la fatiga del material con el tiempo. Dado que estas grietas mezclarán el agua de enfriamiento con el aceite de soporte de empuje, las tuberías capilares agrietadas se cancelan.

2.1.4 Interfaz hombre máquina

Una HMI, también conocida como interfaz hombre máquina, es un dispositivo o software que permite a su usuario comunicarse con maquinarias y plantas de producción, al traducir una gran cantidad de datos complejos en información accesible para que el operario la use como herramientas para controlar el proceso. Con esta definición en la automatización industrial, mientras más receptivo y fácil de usar sea el HMI, más eficiente y rentable será el trabajo.

Estos sistemas son potencialmente ilimitados, en primer lugar, se trata del software. Hoy existe una estandarización progresiva de lo que antes se consideraba opcional, como pantalla táctil o pantalla a color y las empresas tienen que competir en cuanto a programas y supervisión, control y adquisición de datos (SCADA). En segundo lugar, la integración con las nuevas tecnologías. Esas tendencias marcan los dispositivos tecnológicos de uso común. Esta es la tendencia de los HMI de última generación: permitir que las personas que los usan encuentren el mismo uso familiar y fácil de los teléfonos inteligentes y las tabletas.

Básicamente, un dispositivo HMI permite la visualización y el control de las aplicaciones. Mediante el uso de recursos como E/S, SoftPlc CoDeSys o Ethercat, y sistemas operativos, permite comunicarse con cualquier sistema o proceso automatizado.

2.2 Descripción de la propuesta

Tras haber realizado la investigación y establecer el problema que tiene la central hidroeléctrica Topo en el sistema de enfriamiento, se pretende desarrollar la interfaz hombre máquina (HMI) para el proceso de enfriamiento y control del proceso de retrolavado que será implementado con la asignación presupuestaria del segundo semestre del 2022, e instalado en el mantenimiento anual en noviembre 2022. Por disposición de la gerencia general y obedeciendo a los intereses económicos de la empresa, el funcionamiento de la central hidroeléctrica es continuo e ininterrumpido, el proceso de generación y el uso del SAE es simultáneo por lo tanto la implementación de este sistema podrá ser realizado solo en tiempos de parada de unidades de generación por mantenimiento anual.

Para sustentar el estudio y funcionamiento de la automatización del proceso de retrolavado se realizará la automatización y su interfaz HMI mediante software, planos, programaciones y conexiones en el laboratorio de mantenimiento eléctrico, electrónico e instrumentación, que

demuestren el funcionamiento de los sensores y actuadores ya instalados en el sistema de agua de enfriamiento de la central hidroeléctrica.

a. Estructura general

La automatización del proceso de retrolavado se desarrollará e implementará de forma complementaria al sistema de agua de enfriamiento SAE de la central hidroeléctrica. El SAE al ser un sistema de alta importancia y de funcionamiento indispensable para el proceso de generación de energía eléctrica no será manipulado, ni modificado. Por lo cual hace falta una interfaz e implementación didáctica.

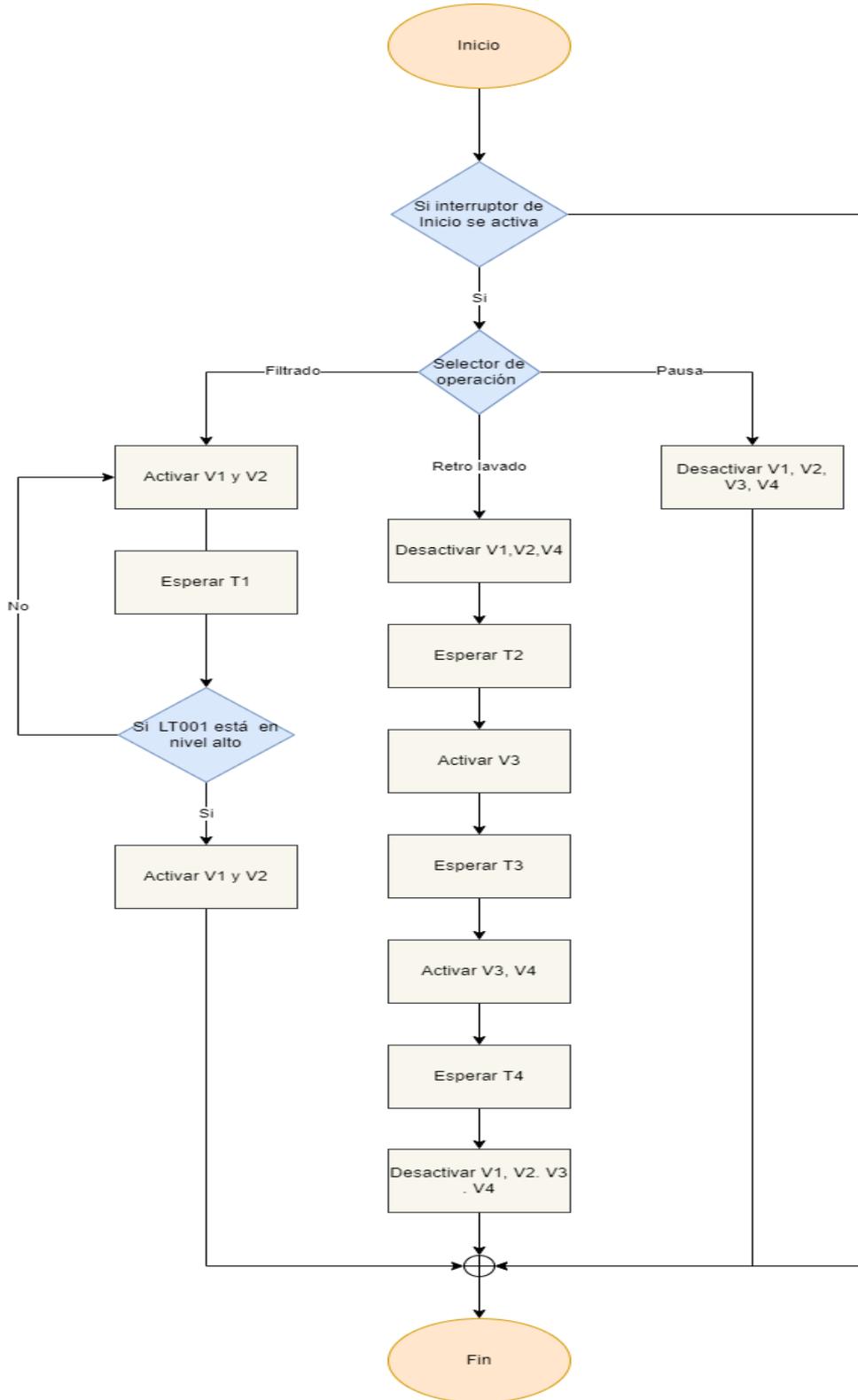
Se pretende desarrollar un sistema que controle de forma automática la activación de retrolavado cuando la presión del SAE sea menor al 0.40 MPa. Este valor para la activación podrá ser modificado acorde a las necesidades de operación.

Para la lectura de presión se usará el presó metro ya instalado a la entrada del SAE. La señal de control es la presión de entrada del sistema de agua de enfriamiento, la misma que será censada constantemente por el PLC.

El sistema determinará cual es el ramal que está en operación mediante la lectura de una señal digital de entrada, que indicará cual es la bomba encendida; señal que se obtiene del tablero de control del SAE, en función de esta señal el PLC sabe cuál de los filtros hay que activar el retro lavado en caso de necesitar.

En caso de que la presión de los filtros sea menor a la seteada para el funcionamiento del retro lavado el PLC revisará que ramal está activo, luego abrirá la válvula mariposa de desagüe y encenderá el motor. Para comprender el funcionamiento de este sistema se muestra en la figura 1 el diagrama de flujo del sistema donde se visualiza la estructura general de la propuesta.

Figura 1. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema



Para el desarrollo de la programación del sistema se realizó la identificación de señales y variables a usar:

Tabla 2. Variables de entrada digitales.

Ítem	Variable	Descripción
1	D0	Contacto seco bomba 1 encendida (NA)
2	D1	Contacto seco válvula mariposa 1 abierta (NA)
3	D2	Contacto seco válvula mariposa 1 cerrada (NA) Ramal 2
4	D3	Contacto seco bomba 2 encendida (NA)
5	D4	Contacto seco válvula mariposa 2 abierta (NA)
6	D5	Contacto seco válvula mariposa 2 cerrada (NA) Retro lavado ramal 1
7	D6	Contacto seco motor retro lavado 1 encendida (NA)
8	D7	Contacto seco válvula drenaje retro lavado 1 abierta (NA)
9	D8	Contacto seco válvula drenaje retro lavado 1 cerrada (NA) Retro lavado ramal 2
10	D9	Contacto seco motor retro lavado 2 encendida (NA)
11	D10	Contacto seco válvula drenaje retro lavado 2 abierta (NA)
12	D11	Contacto seco válvula drenaje retro lavado 2 cerrada (NA)

Tabla 3. Variables de entrada analógica

Ítem	Variable	Descripción
1	A1	Presión de entrada al SAE
2	A2	Temperatura del agua. Salidas

Tabla 4. Variables de Salidas digital

Ítem	Variable	Descripción
1	O1	Encendido o apagado de motor retro lavado 1
2	O2	Apertura o cierre de válvula mariposa filtro 1
3	O3	Encendido o apagado de motor retro lavado 2
4	O4	Apertura o cierre de válvula mariposa filtro 2

La presión diferencial se usa para activación de retro lavado, la presión nominal del sistema SAE es de 0.5 MPa y la de operación es de 0.42 a 0.48 MPa. En caso de existir inicio de taponamiento de filtros el sistema deberá actuar inmediatamente al registrar una presión

menor o igual a 0.40 MPa. Presión establecida en diseño para el correcto enfriamiento de las partes electromecánicas del generador.

Los dispositivos actuadores que intervienen en el proceso que se busca automatizar a través del proyecto son los siguientes:

Motor de retro lavado. – Son motores eléctricos, acoplados con reductores a la parte inferior de los tanques de filtración. Aquí se direcciona y mediante presión inversa y se extraen las partículas que ocasionan el taponamiento, limpiando los filtros de forma constante durante su activación.

- Electro válvulas mariposa con accionamiento eléctrico. - Es un dispositivo mecánico que permite o corta el flujo de agua que va a pasar por una tubería en una máquina debido a un mecanismo de corte o paso de fluido con accionamiento eléctrico.

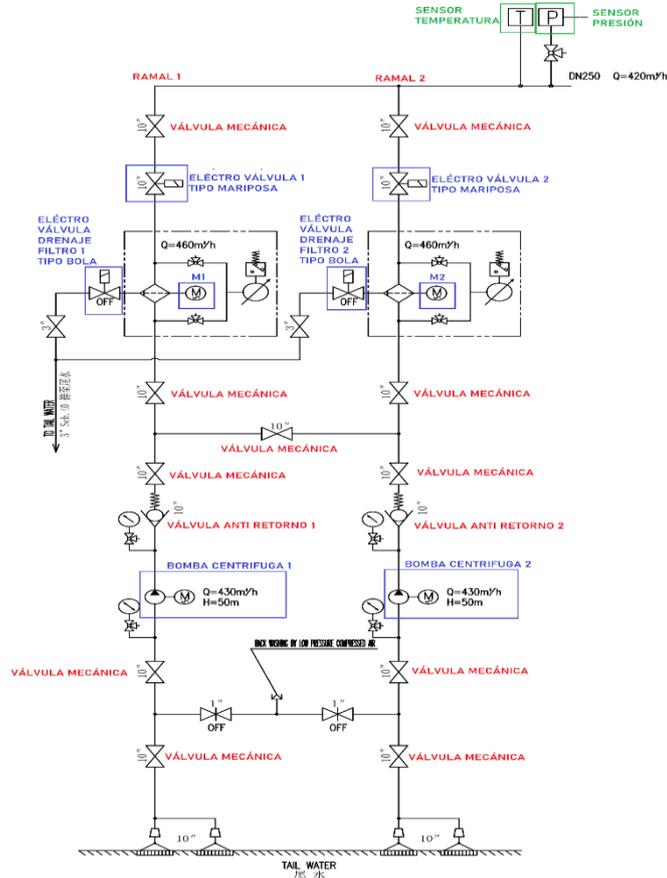
Estos son los actuadores principales a controlar, con la automatización se podrá controlar la apertura o cierre de forma manual o de forma automática dependiendo las necesidades de operación.

2.2.1 Sistema de agua de enfriamiento

La función del sistema de agua de enfriamiento es succionar agua desde el canal de descarga de agua turbinada y re circular el agua a fin de enfriar: cojinete superior, cojinete inferior, cojinete de turbina y radiadores del generador. Luego de este ciclo de enfriamiento, el agua regresa al canal de descarga de agua turbinada en las mismas condiciones con las que fue tomada sin adulterar componentes químicos del líquido.

El sistema de agua de enfriamiento se compone de dos ramales: el ramal 1 y el ramal 2. Compuestos de válvulas mecánicas de 10 pulgadas, una bomba centrífuga, filtros, electro válvula tipo mariposa. La siguiente figura muestra el sistema de agua de enfriamiento.

Figura 2. Diagrama P&ID del sistema de agua de enfriamiento



Las electroválvulas mecánicas permiten el bloqueo manual del agua para actividades de mantenimiento.

Bomba centrífuga: (Variable de entrada) Es una bomba centrífuga vertical encargada de succionar el agua para el proceso de enfriamiento. Con las siguientes características:

- Caudal= 430 m³/h
- Potencia = 90 KW
- Altura neta = 50 m.

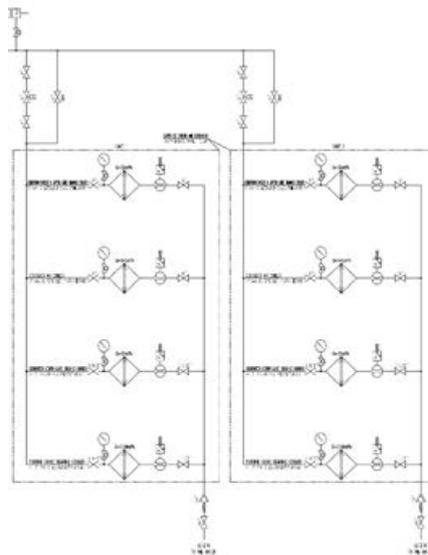
Filtros. Es un equipo mecánico encargado de filtrar las partículas más grandes de 5mm para no ocasionar taponamiento en las tuberías que van a recircular por la unidad de generación. Dentro de los filtros tenemos las siguientes partes:

- **Motor de retro lavado (M1, M2)** (Variable de entrada) El encendido de este motor

permite la activación del proceso de retrolavado.

- **Electro válvula drenaje tipo bola.** (Variable de entrada) Esta válvula se abre cuando el motor de retro lavado se prende. Y se cierra cuando el motor de retrolavado se apaga.
- **Electroválvula tipo mariposa** (Variable de entrada) Es la válvula principal que permite el paso o corte del agua de enfriamiento.

Figura 3. Diagrama P&ID de circulación del agua del sistema de agua de enfriamiento



En la figura 3 se puede visualizar las tuberías para el recorrido del agua para el enfriamiento de la unidad de generación. El agua circula por las siguientes partes: cojinete superior, radiadores, cojinete inferior y cojinete de turbina.

2.2.2 Programación y control del PLC Schneider TM 221R

Los controladores lógicos programables son uno de esos componentes que se ha utilizado ampliamente en el panorama industrial. Ha mejorado significativamente los procesos de fabricación y ha facilitado el control efectivo de las líneas de montaje, los dispositivos robóticos, las máquinas y otros dispositivos que necesitan funcionar de la mejor manera confiable. La programación lógica de escalera es el lenguaje que ayuda en la construcción de software y programas para controladores PLC. Presenta el programa en forma de diagramas de escalera que se basan en ilustraciones de circuitos. Este artículo brinda una visión integral de la programación lógica de escalera y sus beneficios en el espacio industrial.

El PLC TM221C tiene una gran variedad de potentes funciones y puede servir para muchas aplicaciones industriales. La configuración, programación y puesta en funcionamiento del se lleva a cabo con el software EcoStruxure Machine Expert - Basic. Más especificaciones técnicas y hoja de detalle del equipo se encuentran en el anexo 1.

Software EcoStruxure

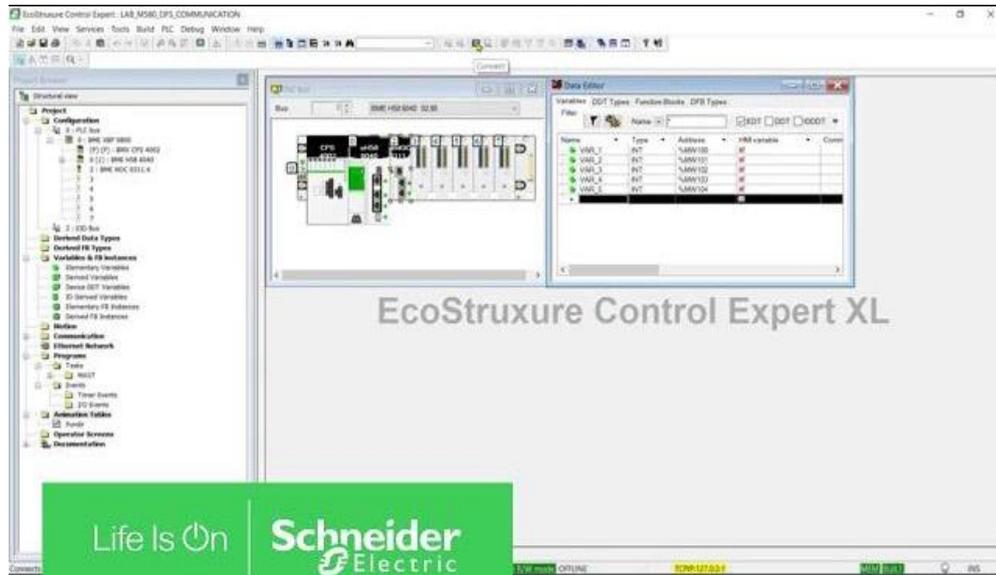
Este software de programación es considerado el corazón de la arquitectura de nuestro sistema de automatización y se encuentra disponible en la plataforma EcoStruxure. Este software de programación, depuración y funcionamiento común para las gamas Modicon, Premium, Momentum y Quantum. Se caracteriza por:

- Acceso simplificado entre equipos a los datos de la planta
- Integración acelerada con sistemas de TI y TO
- Fuentes de datos independientes con conectividad industrial certificada

La interfaz de programación en el área de trabajo de diseño intuitivo (arrastrar/soltar, copiar/pegar) se crea para la administración global de la arquitectura completa. Una actualización consistente de la vista de red lógica con asignación automática de direcciones IP le permite actualizar un proyecto fácilmente, reduciendo el mantenimiento de ingeniería y los costos totales del ciclo de vida.

Durante la puesta en marcha, los usuarios también podrán implementar uno o un grupo de controladores/activos con un solo clic, lo que reduce el tiempo y los costos de ingeniería.

Figura 4. Interfaz del Software EcoStruxure



La importancia de la programación lógica de escalera

La programación lógica de escalera se utiliza en el entorno industrial para programar PLC para el control secuencial de las operaciones de fabricación. Como lenguaje de programación, la lógica de escalera tiene una gran importancia en el espacio industrial.

Es un lenguaje de programación que es crucial para programar funciones críticas desde cero o reelaborar sistemas tradicionales cableados y ayudarlos a transformarse en nuevas versiones programables.

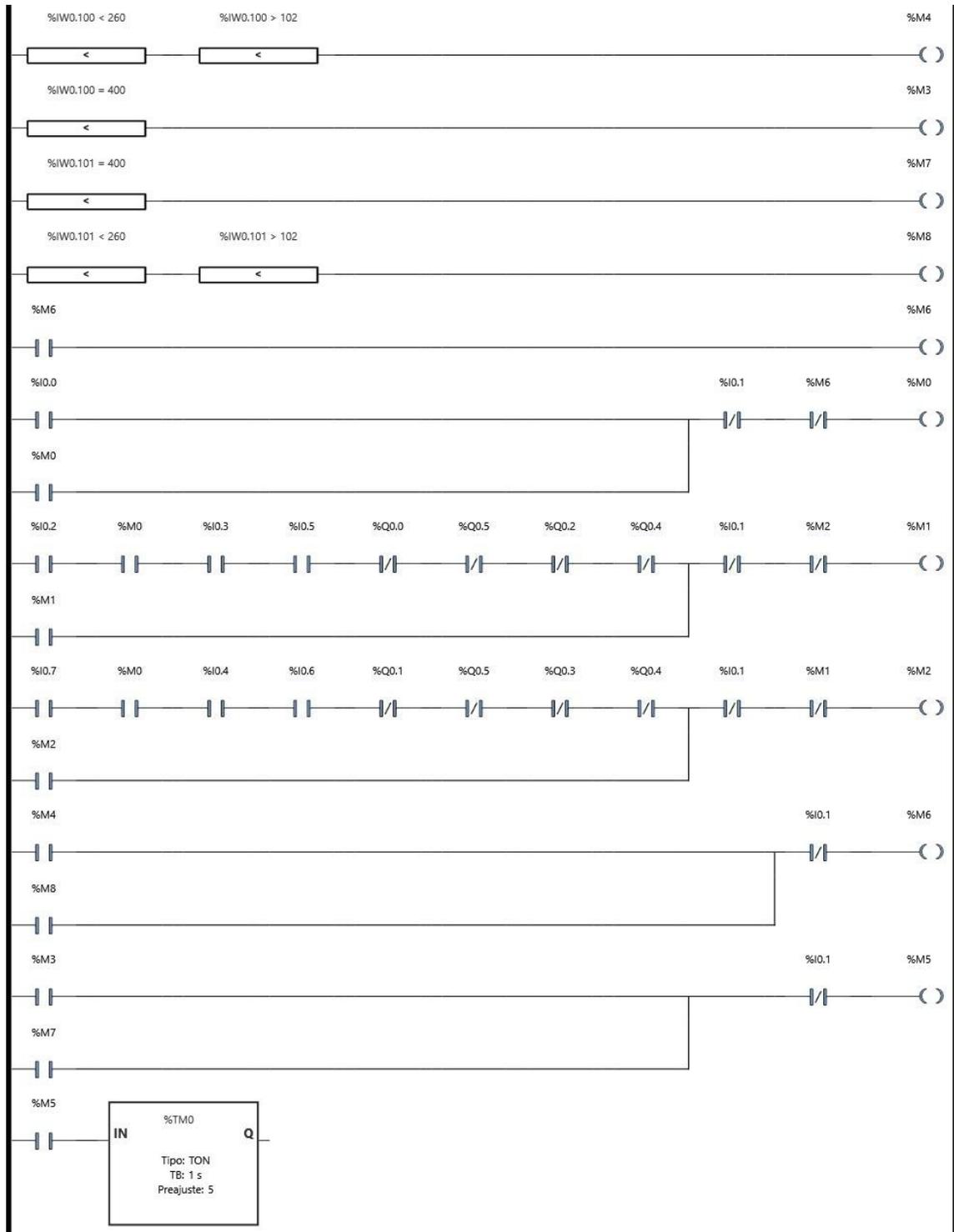
Beneficios

La programación de lógica de escalera permite a los operadores tener una vista gráfica del flujo de energía. Esto hace que sea excepcionalmente fácil depurar fallas de energía.

Los circuitos que se crean al usar la programación de lógica de escalera son fáciles y más confiables que los componentes eléctricos complejos. Esto conduce a una mejora aparente en la vida útil de todos los equipos conectados.

En la figura 5 se describe la programación en un diagrama escalera la misma que acoge a las necesidades de automatización del proceso de retrolavado del sistema de agua de enfriamiento. Tomando en cuenta el funcionamiento y desarrollo de este proyecto.

Figura 5. Diagrama Ladder de programación del TM 221C



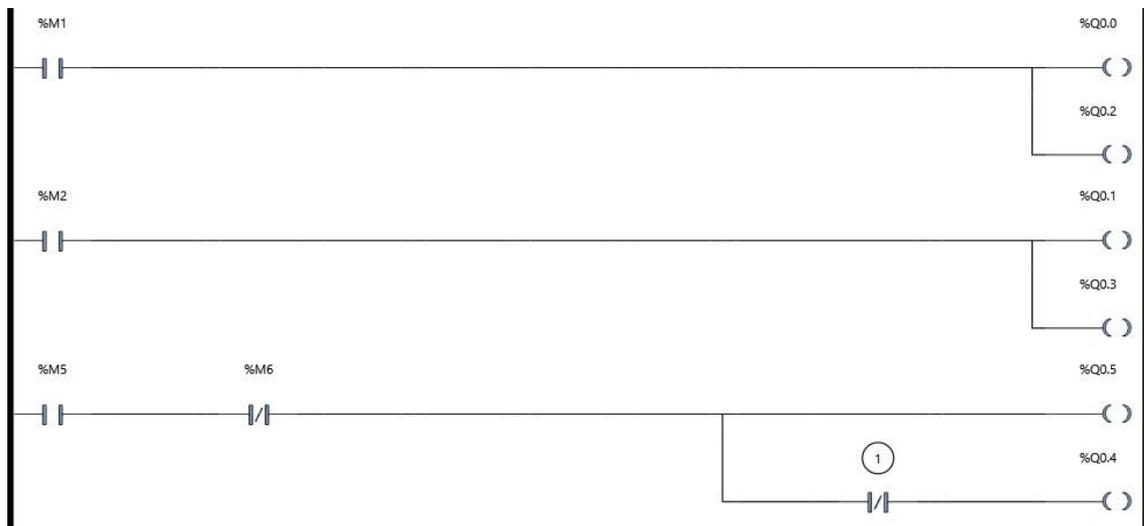


Tabla 5. Asignación de memorias y variables del diagrama Ladder

RUNG	MEMORIA	VARIABLE	RUNG	MEMORIA	VARIABLE
0	%IW0.100	SPRESIONC1	7	%M0	M0
	%M4	M4		%M1	M1
1	%IW0.100	SPRESIONC1		%M2	M2
	%M3	M3		%Q0.1	BOMBACENC2
2	%IW0.101	SPRESIONC2		%Q0.3	EVMARIPOSA2
	%M7	M7		%Q0.4	EVDRENAJE
3	%IW0.101	SPRESIONC2		%Q0.5	MRETROLAVADO
	%M8	M8	%IO.1	PARO	
4	%M6	M6	8	%M4	M4
5	%IO.0	INICIO PARO		%M6	M6
	%IO.1	M0		%M8	M8
	%M0	M6	9	%IO.1	%IO.1
%M6	INICIO PARO	%M3		%M3	
6	%IO.1	%IO.1		%M5	%M5
	%IO.2	%IO.2	%M7	%M7	
	%IO.3	%IO.3	10	%M5	M5
	%IO.5	%IO.5		%TM0	
	%M0	%M0	11	%M1	M1
%M1	%M1	%Q0.0		BOMBACEN1	
7	%M2	%M2	12	%Q0.2	EVMARIPOSA1
	%Q0.0	%Q0.0		%M2	%M2
	%Q0.2	%Q0.2		%Q0.1	%Q0.1
	%Q0.4	%Q0.4	%Q0.3	%Q0.3	
	%Q0.5	%Q0.5	13	%M5	%M5
%IO.1	PARO	%M6		%M6	
%IO.4	VALVULAMEC2	%Q0.4		%Q0.4	
%IO.6	VMBYPASS2	%Q0.5		%Q0.5	
	%IO.7	RAMAL2		%TM0.Q	

La asignación de memorias a cada una de las variables depende de cada uno de los pasos dentro del diagrama escalera. Las que están detalladas en la tabla 5. Siendo esenciales para el correcto funcionamiento, activación, desactivación de entradas y salidas del PLC Modicon TM 221 del fabricante Schneider.

2.2.3 Programación HMI KINKO GL070E.

La programación de la pantalla e interfaz HMI obedece a los siguientes requerimientos.

Pantalla principal modo automático. – En la figura 6 se puede observar primera interfaz. En esta pantalla está de forma animada el P&ID del sistema de agua de enfriamiento y el funcionamiento del sistema en operación automática. El sistema siempre funcionará en automático. Con las siguientes reglas:

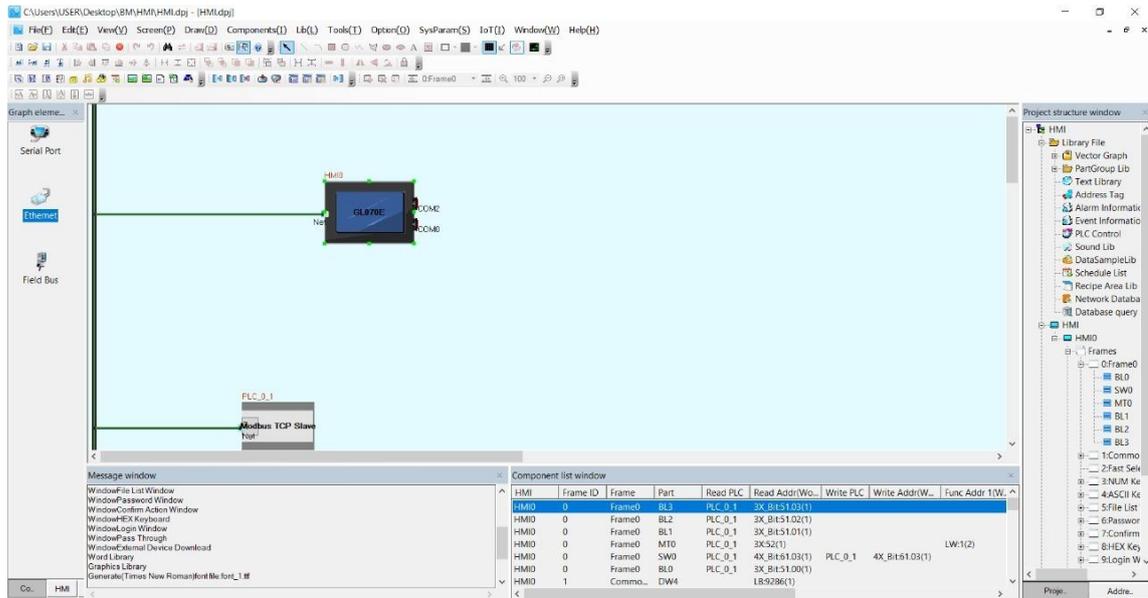
- Presentará el valor de presión del sistema y temperatura del agua.
- Presentará un botón que permita el ingreso a la operación manual.
- Presentará el P&ID del sistema de agua de enfriamiento.
- Dependiendo el ramal encendido se animará el flujo de agua y cambiará de color el elemento encendido (bomba, válvula mariposa, motor retro lavado y válvula de drenaje retro lavado).
- Dependiendo la bomba encendida se prenderá un indicativo de activo
- Si está activo el retrolavado se prenderá un indicativo dependiendo el ramal activo

Figura 6. Direcciónamiento IP.



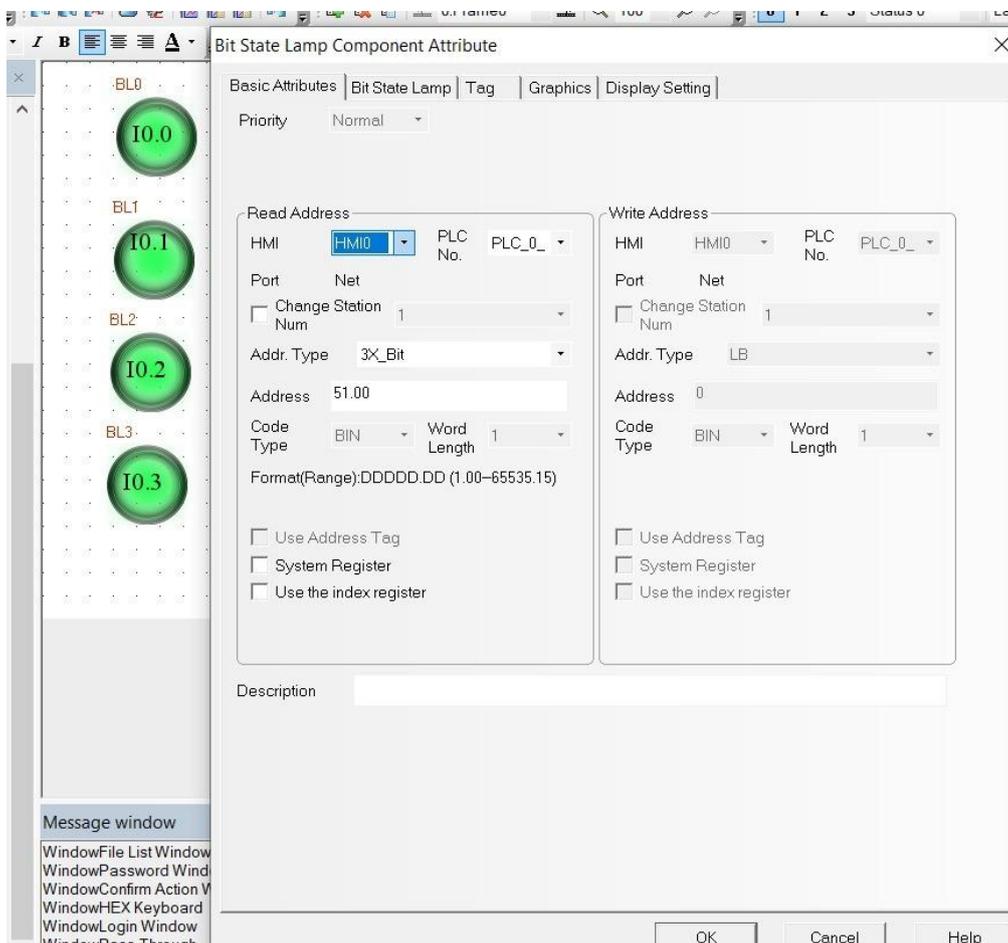
En la figura 6 se presenta el direccionamiento IP de la pantalla, se configura con la siguiente dirección será la 192.168.10.102 y el protocolo se va a utilizar desde el desplegable. Para comunicar con los Schneider M221 por medio de cable Ethernet y posterior se procede a seleccionar Modbus TCP. Finalmente, cuando ya se encuentra configurado la conexión se aceptando dando click en la palabra OK.

Figura 7. Estructura de conexión.



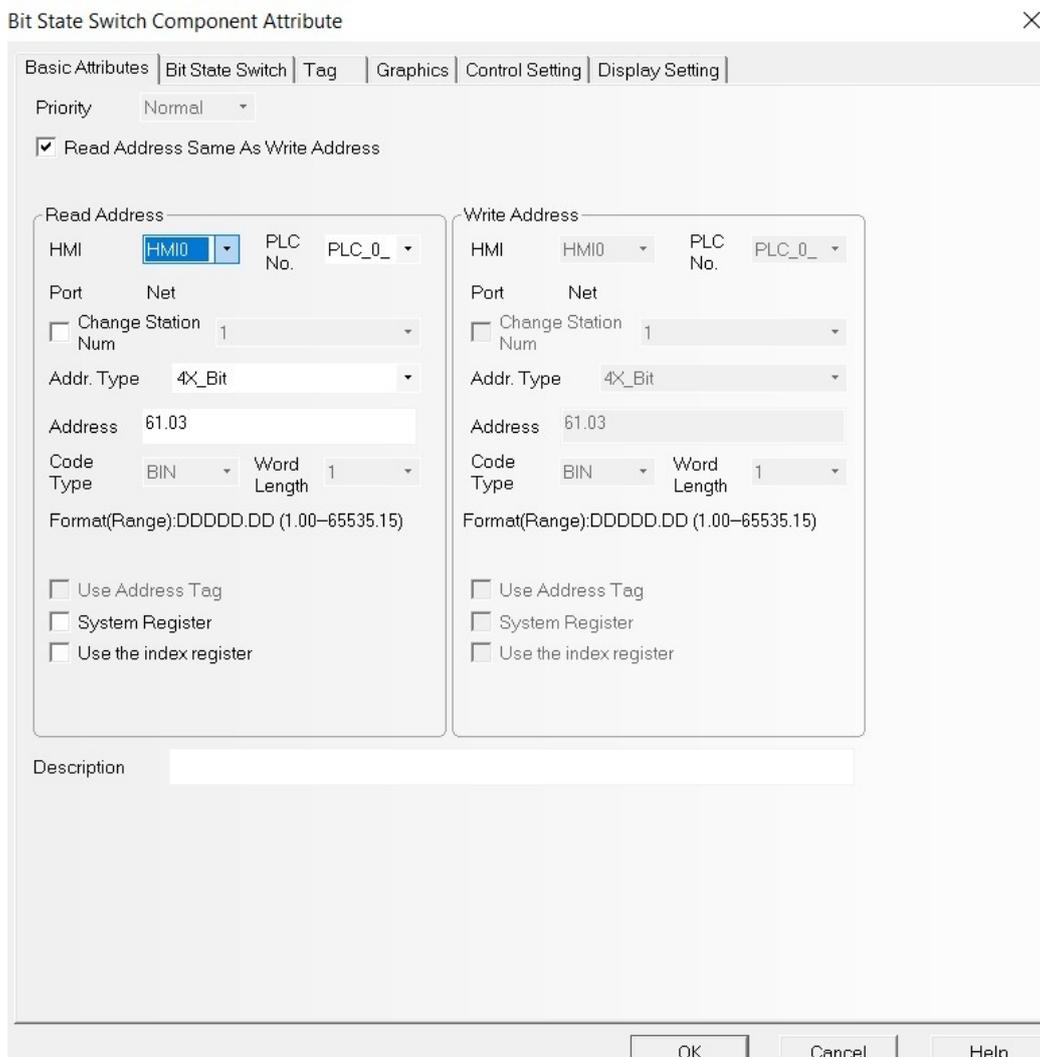
Seguidamente configuramos la conexión de la pantalla y el PLC, seleccionaremos el conector y el protocolo con el que se va a comunicar el HMI KINCO para el presente proyecto se utiliza Ethernet y se lo arrastra al área de trabajo. Al hacer este paso, se visualiza una ventana de configuración a la que se debe añadir la conexión y seleccionaremos el protocolo Modbus TCP.

Figura 9. Configuración de entradas para monitorización de PLC en el HMI.



En la figura 9 se observa la configuración de las entradas, una vez realizado la conexión, en la pestaña de edición de imágenes se tiene la opción para direccionar los objetos del HMI con las entradas o salidas del PLC.

Figura 10. Configuración de salidas para monitorización de PLC en el HMI.



En la figura 10 se observa la configuración de las salidas, una vez realizado la conexión, en la pestaña de edición de imágenes se tiene la opción para direccionar los objetos del HMI con las entradas o salidas del PLC.

Pantalla operación manual. – En esta pantalla que se visualiza en la figura 11 se podrá controlar de forma independiente el encendido de los motores de retro lavado y aperturas de las válvulas de drenaje de retro lavado. Cada uno de los elementos de accionamiento del sistema ocupa una salida digital que se utilizó en la simulación del PLC, como muestra el Anexo 1. Apartado de salidas digitales. Y cumple con las siguientes reglas:

- Presentará el valor de presión del sistema y temperatura del agua.

- Presentará un botón que permita el regreso a la pantalla principal
- Dará la opción de activar el modo manual. Solo desactivando este modo vuelve automáticamente a automática la operación del sistema.
- Presenta un indicativo de que está operando en manual
- Para la activación del retro lavado consta con un botón de activar y desactivar.
 - Cuando se active deberá abrir la válvula de drenaje y prender el motor de retro lavado
 - Cuando se apague deberá cerrar la válvula de drenaje y apagar el motor de retro lavado.

Figura 11 Interfaz de pantalla HMI en modo manual



Pantalla configuración. – En esta pantalla mostrada en la figura 8 el usuario podrá configurar los valores con los que operará el sistema de retrolavado en modo automático. Con las siguientes reglas:

- Para acceder a esta pantalla pedirá una clave de acceso para configuración. (Clave: 2222)

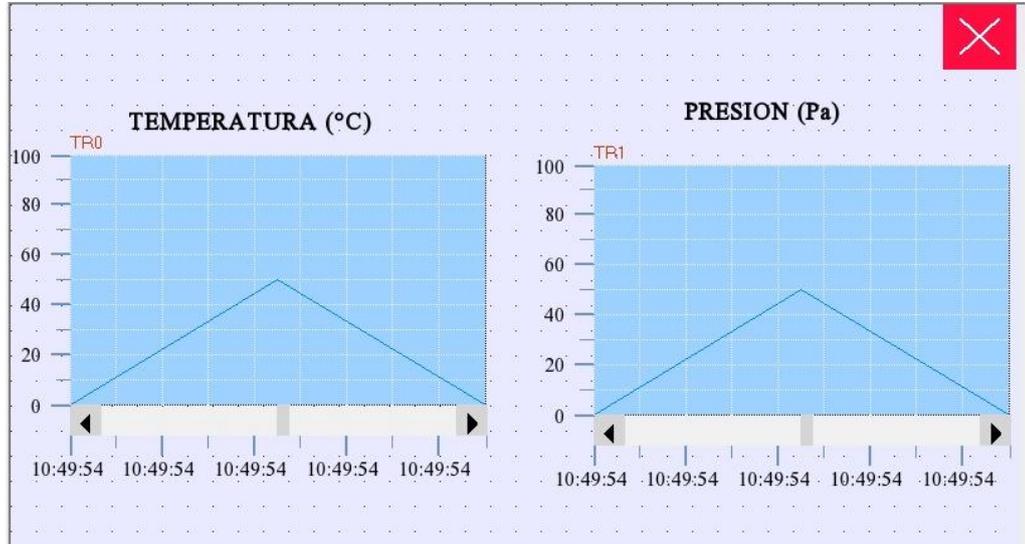
- Presentará un botón que permita el regreso al menú principal.
- Configurar la presión con la que se prende el motor de retro lavado y se abre la válvula mariposa. Dependiendo del ramal que esté en servicio.
- Configurar el tiempo de retrolavado automático. (Una vez finalizado ese tiempo el sistema manda a cerrar la válvula de drenaje de retro lavado y a apagar el motor de retro lavado)
- Encerar los horarios de la pantalla de históricos y pedirá un mensaje de confirmación para proceder.
- Permitirá visualizar el tiempo total de trabajo de las bombas de cada ramal y el tiempo total de trabajo de los motores de retro lavado

Figura 12. Pantalla de configuración del sistema en modo manual



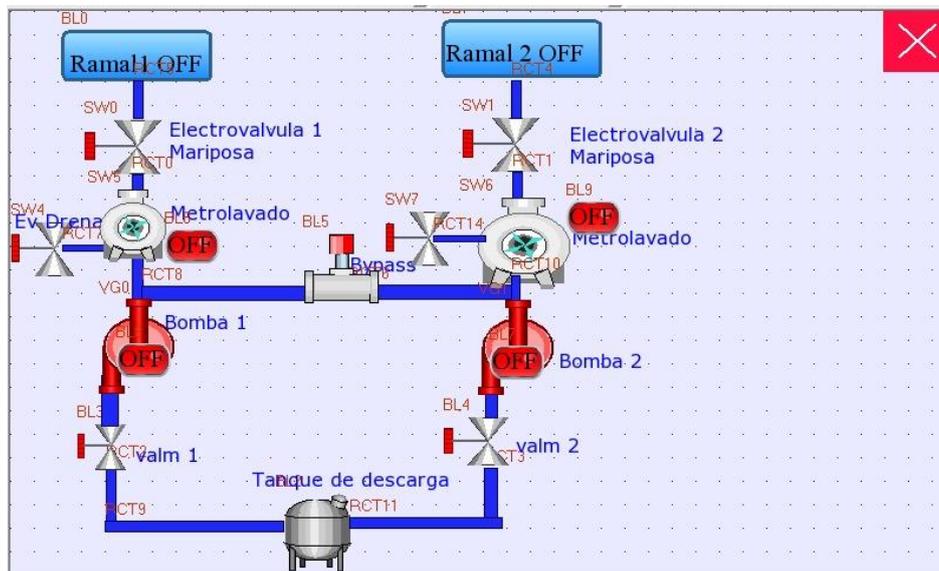
Para la visualización del estado de temperatura y presión en las válvulas el usuario dispone del botón “Gráficos” en la pantalla principal que redirige a la pantalla de graficas donde puede visualizar los parámetros requeridos en grados centígrados vs tiempo y pascales vs tiempo respectivamente como muestra la Figura 13.

Figura 13. Pantalla de visualización datos de temperatura y presión de las válvulas



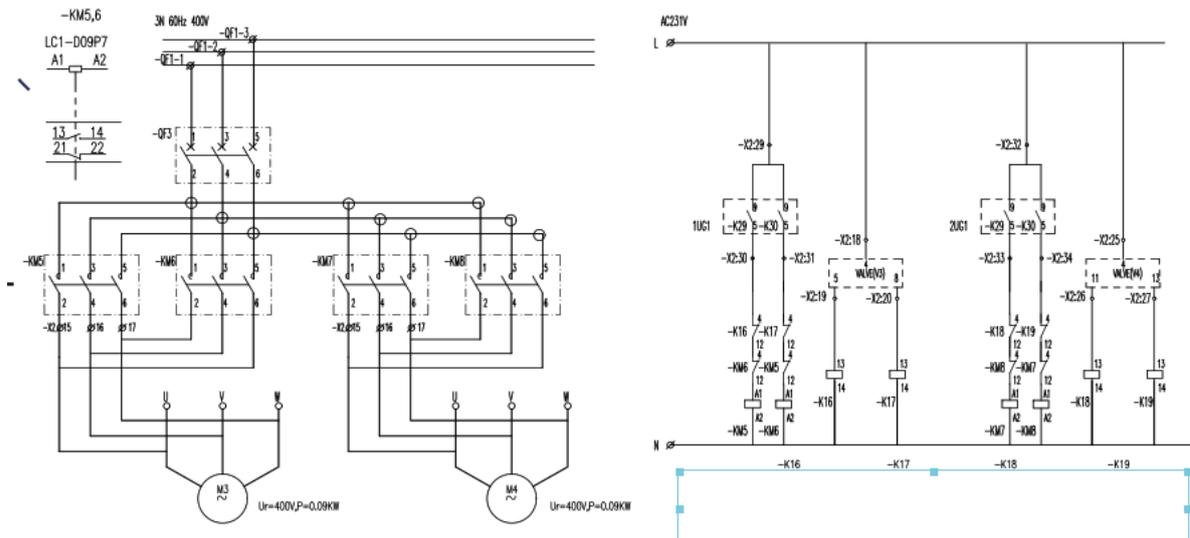
La pestaña de edición de imágenes se tiene la opción para direccionar los objetos del HMI con las entradas o salidas del Para un monitoreo del funcionamiento del sistema en tiempo real, el usuario dispone de una interfaz y botón “General”, que a presionarlo puede observar gráficamente la concepción del sistema y los estados de ON-OFF de cada de los componentes que constituye este sistema y la parte superior de la pantalla el estado ON-OFF general de los dos ramales como podemos observar en la Figura 14.

Figura 14. Pantalla de visualización del sistema con estados ON-OFF



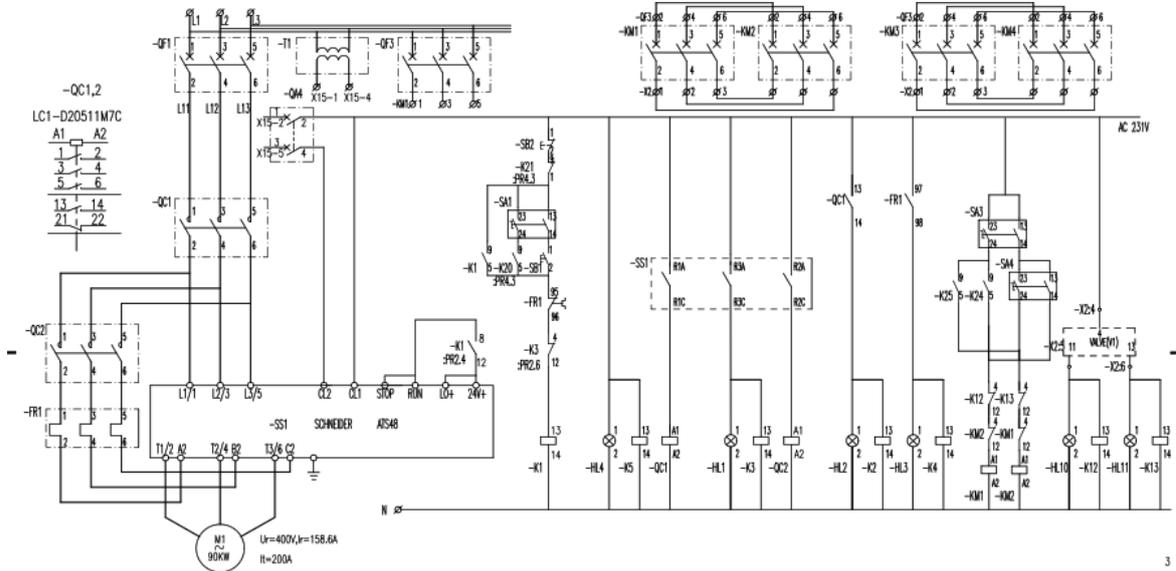
encontramos las válvulas manuales de control de flujo del agua, posterior las bombas principales de los ramales 1 y 2 que serán accionados por el sistema de control diseñado en la figura 16, que toma las señales de los switches instalados en el tablero de control como señales de entrada para el PLC, accionados según los requerimientos del usuario y la programación previamente grabada en el PLC, a partir de allí se envía las señales de salida 00, 01, 02 Y 03 desde el PLC para la operación de retrolavado, la apertura de las válvulas, el cierre de las válvulas de drenaje y el disparo de la alarma por presión alta . Para el enclavamiento de KM1, KM2 y KM3 de la figura 16 respectivamente.

Figura 16 Diagrama de simulación de mando del sistema



El accionamiento de la bomba 1 será automático o manual según el requerimiento del usuario, comandado desde el tablero principal mediante los switches y el diseño del circuito de control de la bomba se presenta en la figura 17.

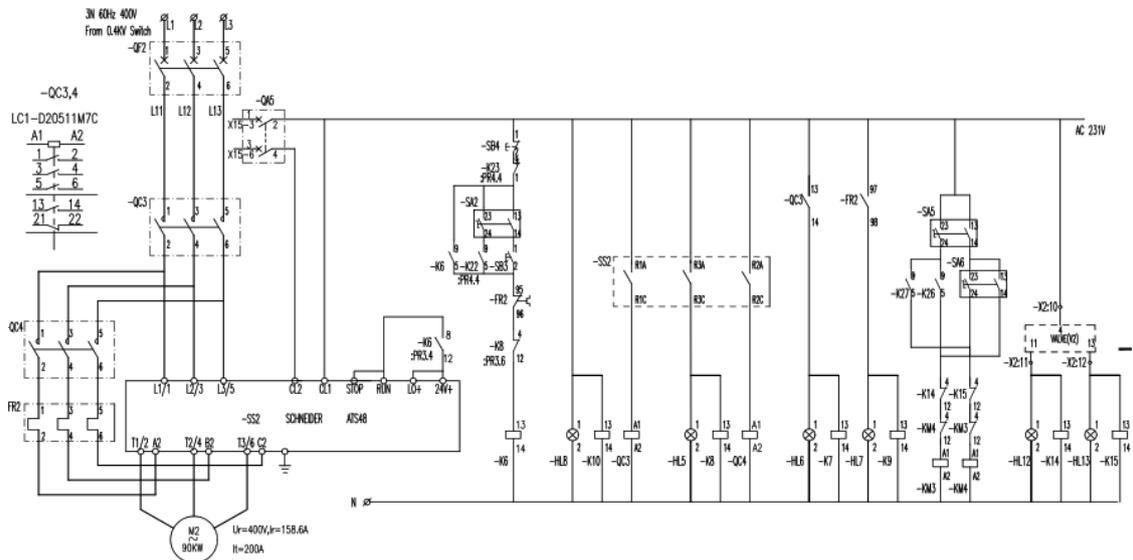
Figura 17 Diagrama de simulación de control de bomba 1



La concepción de diseño del sistema de control para la bomba 1 y 2 son relativamente similar por tratarse del mismo sistema para ambos ramales, sin embargo, la bomba 1 dispone de un accionamiento o control adicional por tratarse de la bomba donde comienza el proceso, este accionamiento adicional en la Figura 17 podemos observarla en la parte superior derecha, el mismo accionamiento no está presente en el diagrama de control para la bomba 2 y podemos observarlo en la Figura 18.

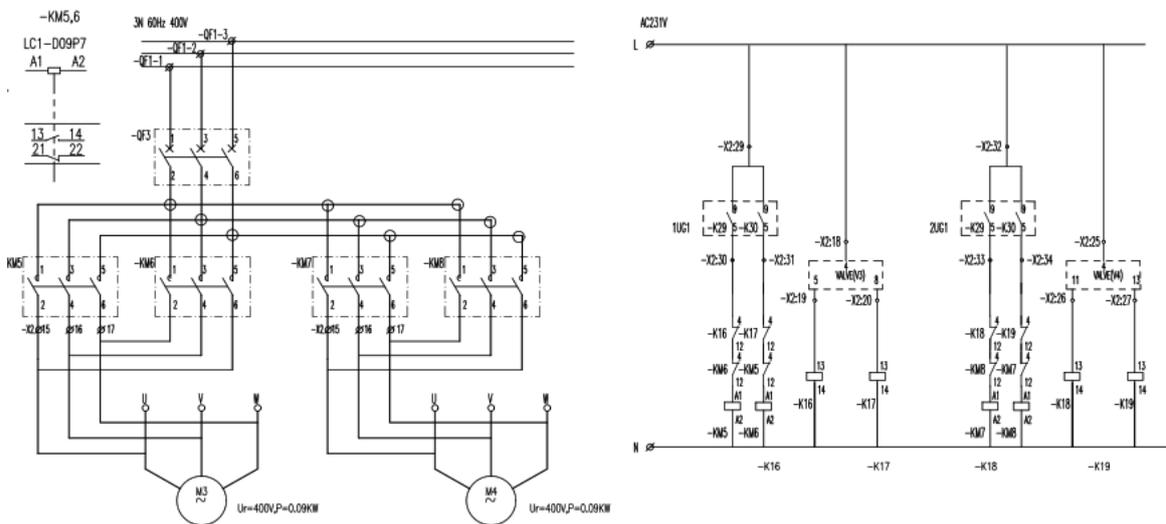
FIGURA 18

Figura 18 Diagrama de simulación de control de bomba 2



Simultáneamente con el accionamiento de encendido o apagado de las bombas, aguas abajo del sistema, se apertura o se cierran las válvulas electromecánicas para el drenaje y enfriamiento del agua, para el diseño del control de las electroválvulas en el ramal 1 se diseñan a manera de motores de 0.09 kW cada una como muestra en la figura 18. El enclavamiento de las mismas está comandado desde el tablero principal de control al igual que la bomba 1. Debido a que el control de las electroválvulas es similar en el ramal 1 y 2 se utiliza la misma programación en ambos casos pero con distintos número de válvulas.

Figura 19. Diagrama de simulación de electroválvulas



Finalmente, de encontrarse aceptables los parámetros de temperatura, las bombas de los ramales y sus electroválvulas respectivas dejarán fluir el agua hacia las turbinas de las maquinas generadoras, este proceso se repite para el ramal 2.

b. Explicación del aporte

HMI implementado para facilitar a los operadores hacer frente al proceso de enfriamiento. Los resultados de las se podrán controlar y monitorear usando PLC y HMI. Todas las etapas de la presente descripción proporcionan una HMI específica que permite el control inteligente de las condiciones operativas y los parámetros relacionados de la Hidroeléctrica Topo. La HMI puede incluir múltiples interfaces gráficas de usuario (GUI), que se pueden presentar a un operador de la planta de energía. Las pantallas HMI pueden

transmitir información relacionada con parámetros y condiciones asociados con una pluralidad de diversos dispositivos de la central eléctrica. Estos dispositivos pueden estar relacionados con varios sensores, detectores, aparatos de medición, válvulas, circuitos de control, bombas, interruptores, etc. En el funcionamiento de la planta de energía, las pantallas HMI pueden cambiar automáticamente de una pantalla HMI a otra en función de la tarea actual, el proceso o las desviaciones no deseadas en los procesos que ocurren en la planta de energía.

c. Estrategias y/o técnicas

Se proporciona un sistema de control que puede monitorear la operación de la planta de energía e iniciar ciertos procesos o tareas en base al mismo y/o reglas predefinidas. El sistema de control puede notificar a la HMI con respecto a la tarea o proceso actual y proporcionar cierta información con respecto a la operación actual de la hidroeléctrica, que puede incluir valores de varios parámetros, por ejemplo. En ciertas realizaciones, sin embargo, el sistema de control puede simplemente suministrar datos medidos, mientras que la HMI detecta la tarea y el proceso actual de la central eléctrica.

Los procesos de la planta de energía pueden requerir el monitoreo de parámetros y condiciones de operación específicos y, por lo tanto, la HMI puede mostrar continuamente solo aquellos parámetros, condiciones de operación y widgets de control que se requieren específicamente para una tarea o proceso determinado iniciado o supervisado por el control. sistema. En determinadas realizaciones, la supervisión de estos parámetros puede incluir vinculación e incrustación de objetos para esquemas de comunicación de control de procesos de objetos.

En funcionamiento, una vez que la HMI adquiere valores de parámetros del sistema de control y determina el inicio de una determinada tarea o modo de operación de la planta de energía, la HMI puede asignar la tarea determinada a una pantalla HMI. Además, esta pantalla HMI puede proporcionar información importante sobre los parámetros medidos actualmente y las condiciones de operación, así como los controles, todos los cuales son específicos para la tarea o el modo de operación determinados. Las tareas y modos de la planta de energía monitoreada pueden relacionarse con una amplia gama de procesos, que pueden incluir, entre otros, un proceso de puesta en marcha, un proceso de apagado, un

proceso de reinicio, un proceso de estado estable, un proceso de verificación de arranque, un proceso de falla del equipo, desviación anormal o alarma.

2.3 Validación de la propuesta

La validación de la propuesta se realizó a través del método de criterios de especialistas. Con el aporte de técnicos especialistas de la central hidroeléctrica Topo, con formación académica relacionada con el tema, experiencia laboral orientada a la gestión administrativa y motivación para participar. El aporte de cada uno de los técnicos y supervisores se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6. Descripción de perfil de validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Álvaro Guillermo Cevallos Vizcaíno	8 años	Ingeniero en Electrónica e instrumentación Magister en gestión de energías	Técnico, operador de sistema SCADA. Central Hidroeléctrica
Saul Vinicio Gancino Ortega.	12 años	Ingeniero Mecánico Master universitario en diseño y gestión de proyectos tecnológicos	Técnico, operador de sistema SCADA. Central Hidroeléctrica
Juan Abel Jinde Jinde	12 años	Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones	Proveedor y supervisor de instalación de equipos industriales y automatización.

Los especialistas evaluadores mediante su experiencia, conocimiento, aptitudes y posición jerárquica superior evaluaron este proyecto integrador para la obtención de la maestría en electrónica y automatización. Se evalúa según los criterios de la siguiente tabla

Tabla 7. Criterios de evaluación

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.

Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Tabla 8. Escala de evaluación Mg. Álvaro Guillermo Cevallos Vizcaino.

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Tabla 9. Escala de evaluación Mg. Saul Vinicio Gancino Ortega.

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Tabla 10. Escala de evaluación Mg. Galo Marcelo Tapia Estrella

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

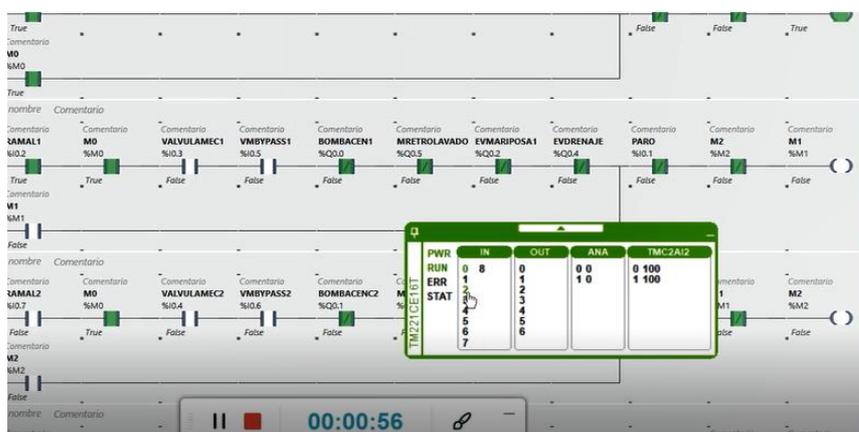
Tabla 11. Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto		Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Definición: de los elementos electrónicos, de control de aplicación de programación, de comunicaciones, variables de entrada a monitorear, variables de salida a controlar, etc.	Tablas comparativas de elementos Análisis de costos y factibilidad Tomas de decisiones en base a funcionalidades y beneficios.	Control Matemáticas Comunicaciones Lenguaje de programación	Software Automation Studio Leguaje Escalera
2	Diseño: de circuitos electrónicos del panel control, aplicación, programación, cálculos, simulaciones, etc.	Circuito de control Panel de entradas y salidas	Programación de interfaz gráfica GUI (Aplicaciones de diseño de circuitos) Automation Studio	Software Smart Solution Kinco
3	Implementación: cableado, sistemas eléctricos, de control, de comunicaciones, programación.	Aplicaciones de programación o bases de datos Control de motores o electroválvulas. Instalaciones eléctricas de control	Cableado Instalaciones eléctricas industriales Sistemas de comunicaciones Protocolos de comunicación	Software Schneider Electric Fusion 360

2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

La presentación de las acciones del proceso se puede mostrar el sistema de enfriamiento con un control externo con acciones donde una central externa realiza el control de la bomba y la válvula se puede mostrar los tiempos analizados en la Figura 2 donde mostramos la acción y reacción del sistema frente al envío de acciones de control. Para esto se puede tener la relación con el problema donde podemos explicar que se cumplen con el objetivo planteado y se muestra funcional el proyecto.

Figura 20. Resultado de las acciones de enclavamiento del sistema HMI en estado inicial



Según las técnicas y métodos aplicados podemos deducir que la estación tiene diferentes partes donde cuando está en estado inicial muestra las entradas como en bajo y a su salida donde se encuentran conectadas la bomba y válvula tenemos en reposo

En el envío de una señal a las entradas programadas como activas se muestra un tiempo de retardo y el arranque de la bomba y de la válvula

Según la relación con el problema de investigación, y el modelo teórico que existe para explicarlo tenemos que es viable la aplicación, teniendo como resultado el cumplimiento del diseño de un sistema de control con interfaz HMI para el proceso de retrolavado del sistema de enfriamiento de las unidades de generación de la hidroeléctrica Topo, el proceso que se utiliza en el tratamiento de agua y aguas residuales para bombear hacia atrás por medio de filtros, lo que incluye cualquier elemento colocado en un filtro que cambie la calidad.

Figura 21. Comportamiento del sistema luego de la activación

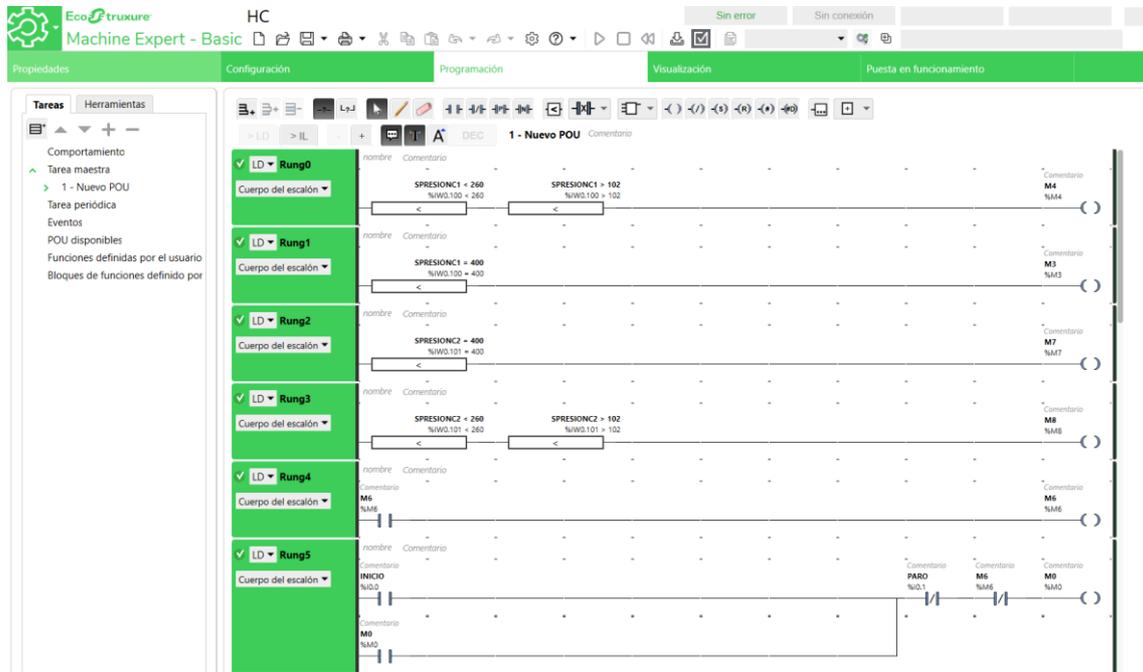
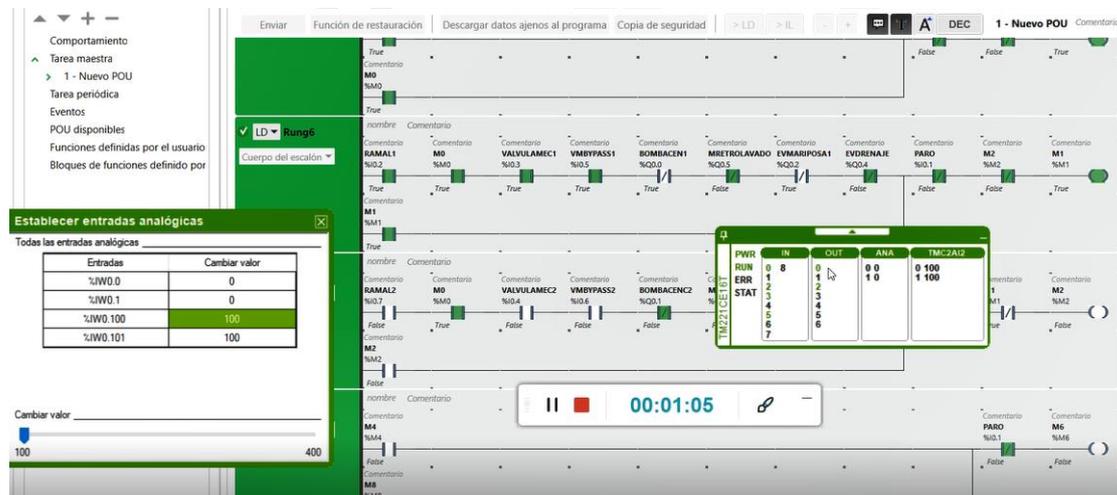


Figura 22. Comportamiento del sistema luego de la activación



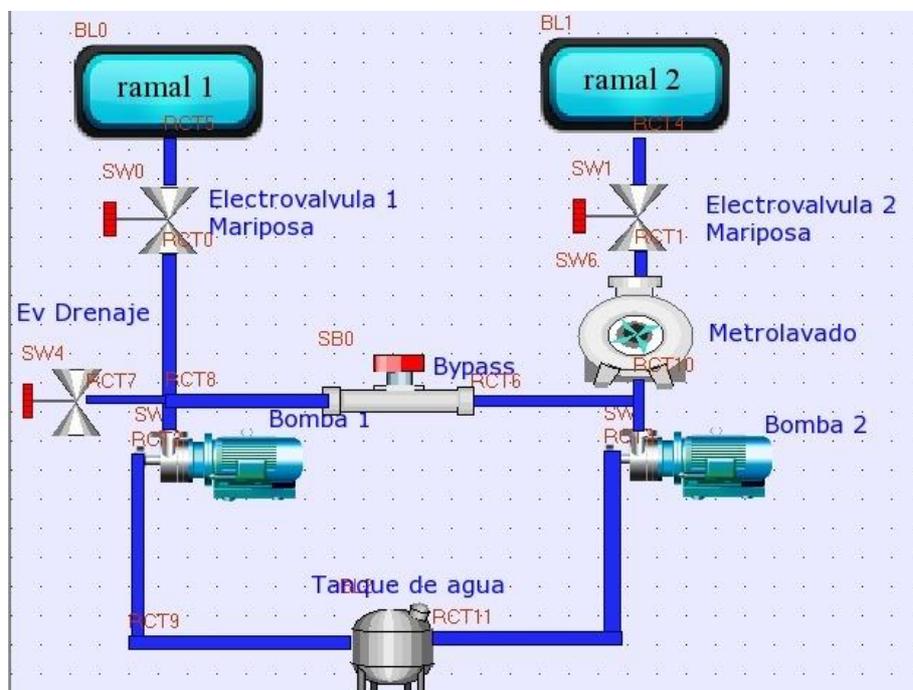
El resultado de la programación realizado en el software KINCO HMI configuration edit, se observa en la Figura 17 y Figura 18. Según la relación con el problema de investigación se presenta el resultado

del sistema de control con interfaz HMI para el proceso retrolavado del sistema de enfriamiento de las unidades de generación de la hidroeléctrica Topo.

Figura 23. Interfaz gráfica de la pantalla principal



Figura 24. Interfaz gráfica de la pantalla de los dos ramales



En la figura 18 se presenta el diagrama general del proceso de retrolavado del sistema de enfriamiento en el cual por medio a de la pantalla HMI se van activando los indicadores de cada elemento. La simulación esta adecuada con una interfaz amigable con el usuario para que pueda identificar fácilmente cada elemento.

Figura 25. Prototipo final



La figura 19 se presenta el prototipo final del tablero de control del proceso de retrolavado, las luces indicatoras representan las señales de salida del PLC, las luces están programadas para que se activen de forma paralela a la cual se van activando las válvulas, motores, y bombas del ramal que se encuentra trabajando.

CONCLUSIONES

Los factores ambientales se reflejan directamente con gran cantidad de partículas en el agua y generan sedimentos, el efecto negativo se ve reflejado en la hidroeléctrica ya que limita su capacidad de funcionamiento, el diseño de este sistema tiene la sustentación académica

El diseño de un sistema de control con interfaz HMI para el proceso retrolavado del sistema de enfriamiento de las unidades de generación de la hidroeléctrica Topo crea un sistema de solución al problema de sedimentación acumulada en las tuberías, y el control del sistema de calefacción de todo el sistema con un enfoque correctivo a lo que el funcionamiento convencional.

Al contextualizar los fundamentos teóricos de la central hidroeléctrica Topo, sistema de agua de enfriamiento y proceso de retrolavado se puede analizar las diferentes situaciones que presenta el proceso de la implementación del sistema.

El diseño de una interfaz hombre-máquina (HMI) para el proceso de retrolavado del sistema de agua de enfriamiento genera que la infraestructura tenga un sistema de mitigación de efectos adversos que generan daños a la infraestructura.

Los diseños, planos y programaciones permiten que el prototipo tenga su mantenimiento y su revisión continua por cualquier persona con conocimiento en el área y pueda interpretarlos. El desarrollo de este sistema ha permitido conocer las nuevas tecnologías que se presentan en el mundo industrial.

RECOMENDACIONES

Los sedimentos tienen muchos efectos negativos en el sistema hidráulico es muy importante conocer los periodos en el que el agua cuenta con más desechos y controlar su ingreso para que no limite la capacidad y funcionamiento de la central

Para que el diseño sea apropiado variables y condiciones que permitan mostrar de manera interactiva para que el sistema tenga una implementación más eficiente donde en el proceso de se debe regir a la normativa internacional vigente sobre infraestructuras y electricidad

El análisis matemático y la sustentación científica debe estar acompañada de pruebas y de datos reales para en el momento de proyección final no se muestren imprevistos

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Armato, V. (2005. Texas). *An exploration of teacher understating and use of brain research in the instruction of young adolescent*. Texas Woman University.
- Begley , S. (2005, Mar 18). *Beware of the conitive brain paparazzi lurking in the brain science labs*. Wall street Journa, Science Section.
- Coch, D. (2018). *Reading from a mind, brain, and education perspective*. In M.S. Schwartz & E.J. Paré-Blagoev.
- electricidad, A. d. (2015). *Guia oficial de tramites y servicios*.
- Freakonomics . (29 de octubre de 2010). *E-Zpass is a life-saver (Literally)*.
- Fu, C., & Yongqian , L. (2004). Predictive Maintance in Intelligent Control Maintance-Managemen System. *IEEE*, 25.
- G., G. (2020). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI CONTROLADO POR. Quito, Ecuador.
- Hamilton, R., & Newman, J. (s.f.). The response modulation hypothesis: Formulation, development, and implications for psychopathy. En *Handbook of psychopathy* (págs. 80-93). In C. J. Patrick.
- Hammond, D., & Harvey, C. (2019). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Journal Science, Applied Developmental Science*, 1-14.
- Hobbis, Hobbis , R., & Shlonsky, A. (2018). *Interventiosn to mitigate blas in social work decision-making: A systematic review, Research Social Work Oractice*. Social Work Practice.
- M., W. (Noviembre de 2019). *Sleep is your superhuman power*. https://www.ted.com/talks/matt_walker_sleep_is_your_superpower
- Paroson, Parsons , T., & Lin , D. (2018). *Mind, brain and technology: Learning in the age of emegency technologies*. Cockerham Es.
- Peña, S. (2018). *Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador)*.
- Scribbr. (2019). *APA Manual 7th edition: The most notable changes*. <https://www.scribbr.com/apa-style/apa-seventh-edition-changes/>
- T., T.-E. (2019). *Five pillars of the mind: redesingnign ducation to sut the brain*. WW Norton Compañy.
- University, S. (2019). *Stanford Social Learning* . <http://sll.stanford.edu/>

van Atteveldt, & Tijmsma, G. (2019). Responsible research and innovation as a novel approach to guide educational impact of Mind, Brain, and Education research. *Mind, Brain, and Education*, 13, 279-287.

ANEXOS

ANEXO 1: PROGRAMACIÓN PLC Y DISEÑO DE PANTALLAS DE HMI

Nombre del proyecto: Automatización Proceso de Retrolavado



CONTENIDO

Descripción	
Lista De Materiales	
Controlador	
Cartucho	
Configuración Del Hardware	
MyController - TM221CE16T	
Entradas Digitales	
Salidas Digitales	
Entradas Analógicas	
Contadores Rápidos	
Contadores De Alta Velocidad	
Generadores De Pulsos	
ETH1	
SL1 (línea serie)	
Cartuchos	
TMC2AI2	
Entradas Analógicas	
Configuración Del Software	
Palabras Constantes	
KW	
KD	
KF	
Objetos De Red	
Assembly De Entrada (Ethernet/Ip)	
Assembly De Salida (Ethernet/Ip)	
Registros De Entrada (Modbus Tcp)	
Registros De Salida (Modbus Tcp)	
Entradas digitales (IOScanner)	
Salidas digitales (IOScanner)	
Registros de entrada (IOScanner)	
Registros de salida (IOScanner)	
Objetos De Software	
Temporizadores	
Contadores	
Registros LIFO/FIFO	

Drums	
Registros de desplazamiento	
Contadores de pasos	
Fechadores	
RTC	
PID	
Pasos Grafcet	
Programar	
Comportamiento	
Utilización De Memoria	
Arquitectura De La Aplicación	
Tarea maestra	
Tarea periódica	
POU	
Tarea maestra	
1 - Nuevo POU	
Rung0	
Rung1	
Rung2	
Rung3	
Rung4	
Rung5	
Rung6	
Rung7	
Rung8	
Rung9	
Rung10	
Rung11	
Rung12	
Rung13	
Símbolos	
Tabla De Referencias Cruzadas	

LISTA DE MATERIALES

Controlador

 A compact Schneider controller module with a terminal block at the top and various ports (Analog IN, Serial V, Ethernet) on the front. The model number TM221CE16T is visible on the right side.	<p>Referencia TM221CE16T</p> <p>Descripción TM221CE16T (tornillo) 9 entradas digitales, 7 salidas de transistor de común positivo (0,5 A), 2 entradas analógicas, 1 puerto de línea serie, 1 puerto Ethernet, controlador compacto de 24 V CC con bloques de terminales extraíbles.</p> <p>Alimentación suministrada al bus de E/S 5V: 325 mA / 24V: 148 mA</p>
--	--

Cartucho

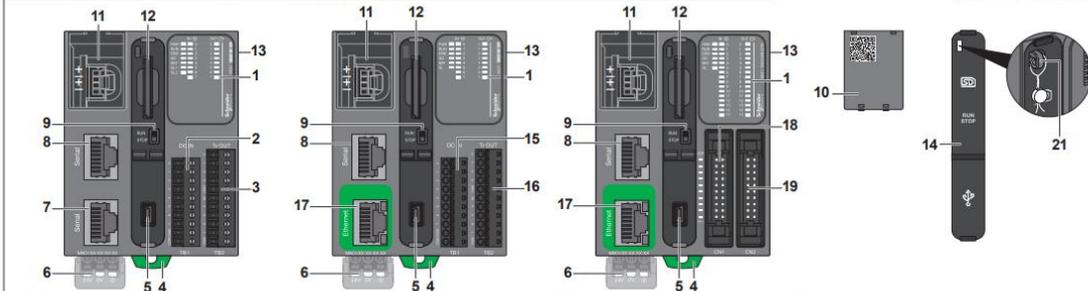
 A small TMC2AI2 Analog IN module with two terminal blocks labeled AI0.V GND AI0.I and AI1.V GND AI1.I. The model number TMC2AI2 Analog IN is printed on the top left.	<p>Referencia TMC2AI2</p> <p>Descripción TMC2AI2 Cartucho TMC2 con 2 entradas de corriente o de tensión analógic (de 0 a 10 V, de 0 a 20 mA, de - 20 mA), 12 bits.</p>
---	--

Estructura de PLC Scheinder TM 221R

TM221M●●●

www.se.com

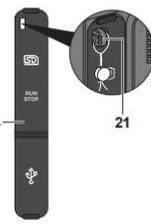
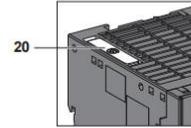
TM221	Ethernet	Serial Ports	Digital Inputs	Digital Outputs	Power Supply
TM221M16R/G	No	SL1/SL2	4 fast inputs 4 regular inputs	8 relay outputs	24 Vdc 240 Vac
TM221ME16R/G	Yes	SL1		2 fast transistor outputs 6 regular transistor outputs	24 Vdc
TM221M16T/G	No	SL1/SL2	2 fast transistor outputs 14 regular transistor outputs		
TM221ME16T/G	Yes	SL1			
TM221M32TK	No	SL1/SL2	4 fast inputs		
TM221ME32TK	Yes	SL1	12 regular inputs		



- en**
- 1 - Status LEDs
 - 2 - Input removable screw terminal block
 - 3 - Output removable screw terminal block
 - 4 - Clip-on lock for 35-mm (1.38 in.) top hat section rail (DIN rail)
 - 5 - USB mini-B programming port
 - 6 - 24 Vdc power supply
 - 7 - Serial line port 2
 - 8 - Serial line port 1
 - 9 - Run/Stop switch
 - 10 - Removable analog inputs cover
 - 11 - 2 Analog inputs

- fr**
- 1 - Voyants d'état
 - 2 - Bornier d'entrées à vis débrochable
 - 3 - Bornier de sorties à vis débrochable
 - 4 - Système de verrouillage encliquetable pour rail oméga de 35 mm (rail DIN)
 - 5 - Port de programmation USB mini-B
 - 6 - Alimentation 24 Vcc
 - 7 - Port de ligne série 2
 - 8 - Port de ligne série 1
 - 9 - Interrupteur Run/Stop
 - 10 - Cache amovible pour entrées analogiques
 - 11 - 2 entrées analogiques

- de**
- 1 - Status-LEDs
 - 2 - Abnehmbare Schraubklemmenleiste (Eingang)
 - 3 - Abnehmbare Schraubklemmenleiste (Ausgang)
 - 4 - Halteclip für 35-mm-Trageschiene (DIN-Schiene)
 - 5 - Programmieranschluss USB-mini-B
 - 6 - 24-VDC-Spannungsversorgung
 - 7 - Serieller Leitungsanschluss 2
 - 8 - Serieller Leitungsanschluss 1
 - 9 - Run/Stop-Schalter
 - 10 - Abnehmbare Abdeckung für Analogeingänge
 - 11 - 2 Analogeingänge
 - 12 - SD-Kartensteckplatz



CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE

MyController - TM221CE16T

Entradas Digitales

Utilizado	Dirección	Filtrado
X	%I0.0	3 ms
X	%I0.1	3 ms
X	%I0.2	3 ms
X	%I0.3	3 ms
X	%I0.4	3 ms
X	%I0.5	3 ms
X	%I0.6	3 ms
X	%I0.7	3 ms
	%I0.8	3 ms

Salidas Digitales

Utilizado	Dirección	Alarma de estado
X	%Q0.0	
X	%Q0.1	
X	%Q0.2	
X	%Q0.3	
X	%Q0.4	
X	%Q0.5	
X	%Q0.6	

Entradas Analógicas

Utilizado	Dirección	Tipo
	%IW0.0	0 - 10 V
	%IW0.1	0 - 10 V

Contadores Rápidos

Utilizado	Dirección	Entrada	Configurado	Preajuste	Palabra doble
	%FC0	%I0.2	NotUsed	0	
	%FC1	%I0.3	NotUsed	0	

%FC2	%I0.4	NotUsed	0
%FC3	%I0.5	NotUsed	0

Contadores De Alta Velocidad

Utilizado	Dirección	Tipo
%HSC0		Sin configurar
%HSC1		Sin configurar
%HSC2		Sin configurar
%HSC3		Sin configurar

Generadores De Pulsos

Configurado	Dirección	Tipo
%PLS0/%PWM0/%PTO0/%FREQGEN0		Sin configurar
%PLS1/%PWM1/%PTO1/%FREQGEN1		Sin configurar

ETH1

Nombre de dispositivo: M221
Modo IP: Fija

Dirección IP: 192.168.1.10
Máscara de subred: 255.255.255.0
Dirección de pasarela: 192.168.1.1
Velocidad de transmisión: Automático

Parámetros de seguridad:

- Protocolo de programación deshabilitado
- Protocolo de descubrimiento automático deshabilitado
- Servidor Modbus deshabilitado
- Protocolo EtherNet/IP deshabilitado

SL1 (línea serie)

Ajustes Físicos

Dispositivo:	Ninguno
Velocidad de transmisión:	19200
Paridad:	Ninguna
Bits de datos:	8
Bits de parada:	1
Medio físico:	RS-232
Polarización:	No

Ajustes De Protocolo

Protocolo:	Modbus
Timeout de respuesta (× 100 ms):	10
Tiempo entre tramas (ms):	10
Modo de transmisión:	RTU
Direccionamiento:	Esclavo
Dirección:	1

Cartuchos

TMC2A12

Entradas Analógicas

Utilizado	Dirección	Tipo	Ámbito	Rango	Filtro	Muestreo
X	%IW0.100	De 4 a 20 mA	Normal	100-400	0	
X	%IW0.101	De 4 a 20 mA	Normal	100-400	0	

CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

Palabras Constantes

KW

Asignación: Automático
Asignado: 0
Utilizado Equ utilizado Dirección Símbolo Valor Comentario

KD

Asignación: Automático
Asignado: 0
Utilizado Equ utilizado Dirección Símbolo Valor Comentario

KE

Asignación: Automático
Asignado: 0
Utilizado Equ utilizado Dirección Símbolo Valor Comentario

Objetos De Red

Assembly De Entrada (Ethernet/Ip)

Utilizado Dirección Símbolo Valor de retorno Comentario

Assembly De Salida (Ethernet/Ip)

Utilizado Dirección Símbolo Comentario

Registros De Entrada (Modbus Tcp)

Utilizado Dirección Símbolo Valor de retorno Comentario

Registros De Salida (Modbus Tcp)

Utilizado Dirección Símbolo Comentario

Entradas digitales (IOScanner)

Utilizado Dirección Canal Símbolo Comentario

Salidas digitales (IOScanner)

Utilizado Dirección Canal Valor de retorno Símbolo Comentario

Registros de entrada (IOScanner)

Utilizado Dirección Canal Símbolo Comentario

Registros de salida (IOScanner)

Utilizado Dirección Canal Valor de retorno Símbolo Comentario

PROGRAMAR

Comportamiento

Nivel funcional: Nivel 12.0
Modalidad de inicio: Inicio en estado anterior
Watchdog: 250 ms
Comportamiento de recuperación: Valor de retorno
Carácter de fin de cadena: CR (retorno de carro)

Utilización de memoria

Se requiere una compilación correcta para obtener información de la memoria.

Arquitectura De La Aplicación

Tarea maestra

Modalidad de exploración: Normal
Lista de POU: 1 - Nuevo POU

Tarea periódica

Periodo: 255 ms
POU

Tarea maestra

1 - Nuevo POU Tarea maestra

Rung0



Variables utilizadas:

%IW0.100 SPRESIONC1 %M4 M4

Rung1



Variables utilizadas:

%IW0.100 SPRESIONC1 %M3 M3

Rung2



Variables utilizadas:

%IW0.101 SPRESIONC2 %M7 M7

Rung3



Variables utilizadas:

%IW0.101 SPRESIONC2 %M8 M8

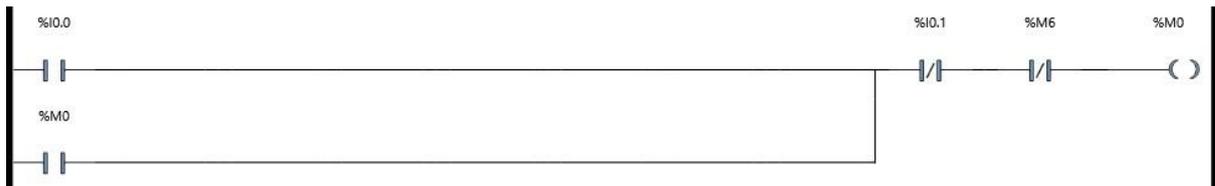
Rung4



Variables utilizadas:

%M6 M6

Rung5



Variables utilizadas:

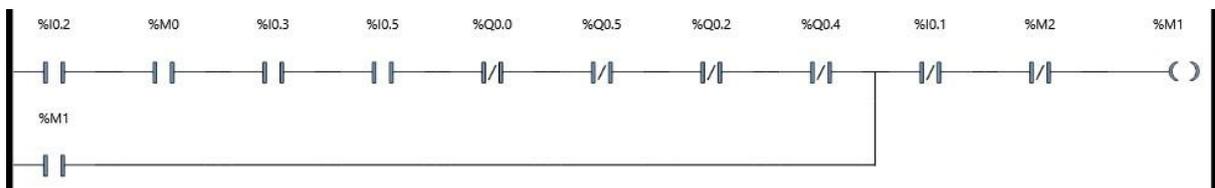
%I0.0 INICIO

%I0.1 PARO

%M0 M0

%M6 M6

Rung6



Variables utilizadas:

%I0.1 PARO

%I0.2 RAMAL1

%I0.3 VALVULAMEC1

%I0.5 VMBYPASS1

%M0 M0

%M1 M1

%M2 M2

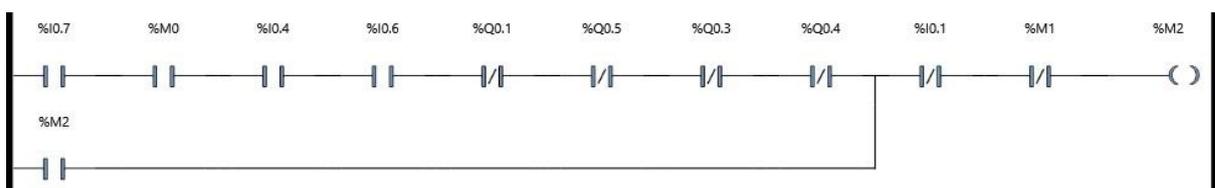
%Q0.0 BOMBACEN1

%Q0.2 EVMARIPOSA1

%Q0.4 EVDRENAJE

%Q0.5 MRETROLAVADO

Rung7

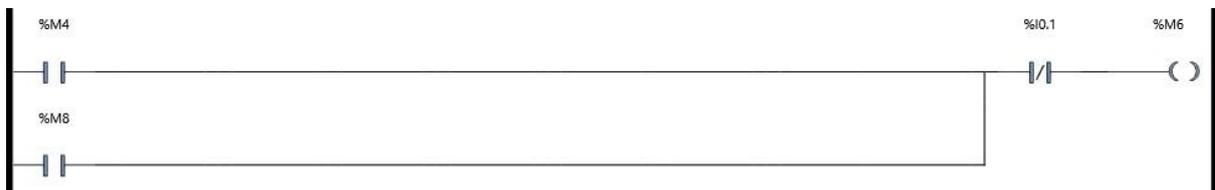


Variables utilizadas:

%I0.1 PARO

%I0.4 VALVULAMEC2
 %I0.6 VMBYPASS2
 %I0.7 RAMAL2
 %M0 M0
 %M1 M1
 %M2 M2
 %Q0.1 BOMBACENC2
 %Q0.3 EVMARIPOSA2
 %Q0.4 EVDRENAJE
 %Q0.5 MRETROLAVADO

Rung8



Variables utilizadas:

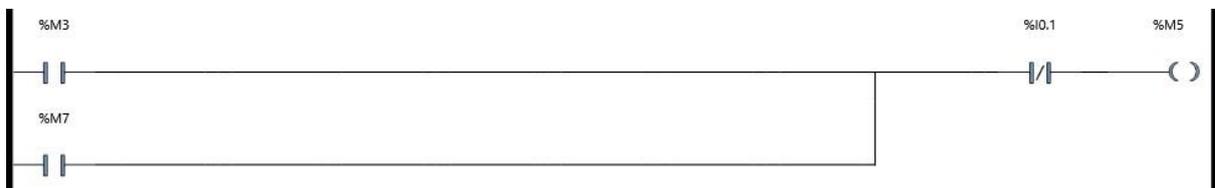
%I0.1 PARO

%M4 M4

%M6 M6

%M8 M8

Rung9



Variables utilizadas:

%I0.1 PARO

%M3 M3

%M5 M5

%M7 M7

Rung10



Variables utilizadas:

%M5 M5

%TM0

Rung11



Variables utilizadas:

%M1 M1

%Q0.0 BOMBACEN1

%Q0.2 EVMARIPOSA1

Rung12



Variables utilizadas:

%M2 M2

%Q0.1 BOMBACENC2

%Q0.3 EVMARIPOSA2

Rung13



Leyenda:

1 %TM0.Q

Variables utilizadas:

%M5	M5
%M6	M6
%Q0.4	EVDRENAJE
%Q0.5	MRETROLAVADO
%TM0.Q	

SÍMBOLOS

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
X	%I0.0	INICIO	
X	%I0.1	PARO	
X	%I0.2	RAMAL1	
X	%I0.3	VALVULAMEC1	
X	%I0.4	VALVULAMEC2	
X	%I0.5	VMBYPASS1	
X	%I0.6	VMBYPASS2	
X	%I0.7	RAMAL2	
X	%IW0.100	SPRESIONC1	
X	%IW0.101	SPRESIONC2	
X	%M0	M0	
X	%M1	M1	
X	%M2	M2	
X	%M3	M3	
X	%M4	M4	
X	%M5	M5	
X	%M6	M6	
X	%M7	M7	
X	%M8	M8	
X	%Q0.0	BOMBACEN1	
X	%Q0.1	BOMBACENC2	
X	%Q0.2	EVMARIPOSA1	
X	%Q0.3	EVMARIPOSA2	
X	%Q0.4	EVDRENAJE	
X	%Q0.5	MRETROLAVADO	

TABLA DE REFERENCIAS CRUZADAS

Dirección	Objeto	Rung	Código
%I0.0....	1 - Nuevo POU	Rung5	-- --
%I0.1....	1 - Nuevo POU	Rung5	-- / --
		Rung6	-- / --
		Rung7	-- / --
		Rung8	-- / --
		Rung9	-- / --
		Rung6	-- --
%I0.2....	1 - Nuevo POU	Rung6	-- --
%I0.3....	1 - Nuevo POU	Rung6	-- --
%I0.4....	1 - Nuevo POU	Rung7	-- --
%I0.5....	1 - Nuevo POU	Rung6	-- --
%I0.6....	1 - Nuevo POU	Rung7	-- --
%I0.7....	1 - Nuevo POU	Rung7	-- --
%IW0.100.	1 - Nuevo POU	Rung0	--[<]-- %IW0.100 < 260 --[<]-- %IW0.100 > 102
		Rung1	--[<]-- %IW0.100 = 400
		Rung2	--[<]-- %IW0.101 = 400
%IW0.101.	1 - Nuevo POU	Rung3	--[<]-- %IW0.101 < 260 --[<]-- %IW0.101 > 102
		Rung5	--()--
		Rung6	-- --
%M0.....	1 - Nuevo POU	Rung7	-- --
		Rung6	-- --
		Rung7	-- --
%M1.....	1 - Nuevo POU	Rung6	--()--
		Rung7	-- --
		Rung7	-- / --
%M2.....	1 - Nuevo POU	Rung11	-- --
		Rung6	-- / --

		Rung7	-- -- --()--
--	--	-------	--------------------

Dirección	Objeto	Rung	Código
		Rung12	-- --
%M3.....	1 - Nuevo POU	Rung1	--()--
		Rung9	-- --
%M4.....	1 - Nuevo POU	Rung0	--()--
		Rung8	-- --
%M5.....	1 - Nuevo POU	Rung9	--()--
		Rung10	-- --
		Rung13	-- --
%M6.....	1 - Nuevo POU	Rung4	-- -- --()--
		Rung5	-- / --
		Rung8	--()--
		Rung13	-- / --
%M7.....	1 - Nuevo POU	Rung2	--()--
		Rung9	-- --
%M8.....	1 - Nuevo POU	Rung3	--()--
		Rung8	-- --
%Q0.0....	1 - Nuevo POU	Rung6	-- / --
		Rung11	--()--
%Q0.1....	1 - Nuevo POU	Rung7	-- / --
		Rung12	--()--
%Q0.2....	1 - Nuevo POU	Rung6	-- / --
		Rung11	--()--
%Q0.3....	1 - Nuevo POU	Rung7	-- / --
		Rung12	--()--

%Q0.4....	1 - Nuevo POU	Rung6	-- / --
		Rung7	-- / --
		Rung13	--()--
%Q0.5....	1 - Nuevo POU	Rung6	-- / --
		Rung7	-- / --
		Rung13	--()--

Dirección	Objeto	Rung	Código
%TM0.....	1 - Nuevo POU	Rung10	%TM0
%TM0.Q...	1 - Nuevo POU	Rung13	-- / --

PLCs existentes

Unidad de generación U1			
Sistema	Marca	Modelo	Serie
Control grupal de NO1	Schneider	Modicon M340	P342020
Control de válvula guarda de turbina NO1	Schneider	Modicon M340	P341000
Control de velocidad gobernador NO1	Schneider	Modicon M340	P341000
Control de bombas gobernador NO1	Schneider	Modicon M238	TM238LDD24DT

Unidad de generación U2			
Sistema	Marca	Modelo	Serie
Control grupal de NO2	Schneider	Modicon M340	P342020
Control de válvula guarda de turbina NO2	Schneider	Modicon M340	P341000
Control de velocidad gobernador NO2	Schneider	Modicon M340	P341000
Control de bombas gobernador NO2	Schneider	Modicon M238	TM238LDD24DT

Sistemas auxiliares			
Sistema	Marca	Modelo	Serie
1VC Drenaje y desagüe	Schneider	Modicon M238	TM238LDD24DT
2VC Agua de enfriamiento	Schneider	Modicon M238	TM238LDD24DT
3VC Aire comprimido	Schneider	Modicon M238	TM238LDD24DT

Tanque de carga			
Sistema	Marca	Modelo	Serie
4VC Control de válvula guarda Tanque de carga	Schneider	Modicon M238	TM238LDD24DT

Comunicaciones			
Sistema	Marca	Modelo	Serie
RTU-CENACE	SEL Schweitzer Engineering Laboratories	AXION	SEL- 2240
RTU-CENACE	SEL Schweitzer Engineering Laboratories	RTAC	SEL-3530/3530

Captación			
Sistema	Marca	Modelo	Serie
Limpia rejillas	SIEMENS	SIMATIC	S7-1200
Compuerta de fondo	ALLEN BRADLEY	MICROLOGIX	1100
Compuertas radiales	ALLEN BRADLEY	MICROLOGIX	1400
TCP Tablero de control principal	Schneider	Modicon M238	TM238LDD24DT

PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DE PANTALLAS DE HMI KINCO



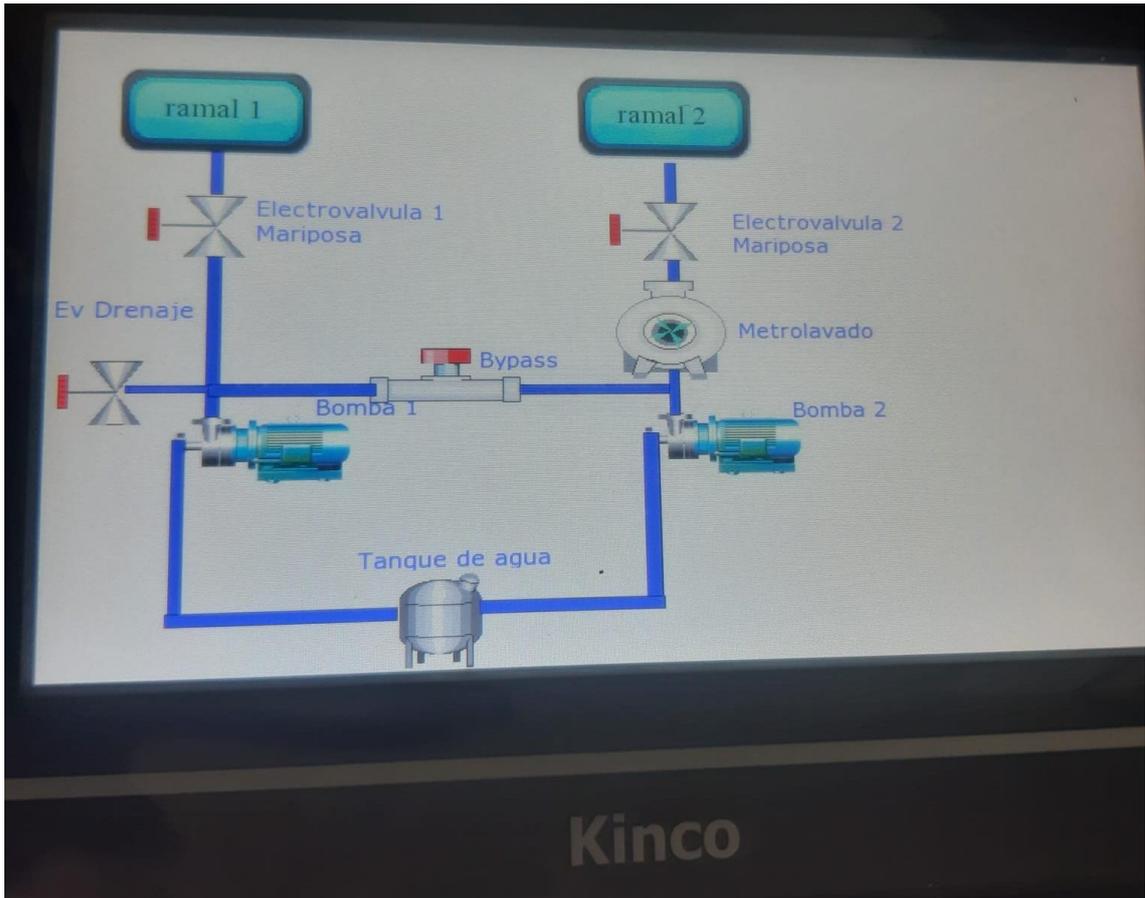


Variables de entrada de HMI KINCO

Component list window									
HMI	Frame ID	Frame	Part	Read PLC	Read Addr(Wo...	Write PLC	Write Addr(W...	Func Addr 1(W...	Func Addr 2(W...
HMI0	0	Frame0	NI1	PLC_0_1	3X:53(1)	PLC_0_1	3X:53(1)		
HMI0	0	Frame0	NI0	PLC_0_1	3X:52(1)	PLC_0_1	3X:52(1)		
HMI0	0	Frame0	BL1	PLC_0_1	3X_Bit:51.07(1)				
HMI0	0	Frame0	SW1	PLC_0_1	3X_Bit:51.01(1)	PLC_0_1	3X_Bit:51.01(1)		
HMI0	0	Frame0	BL2	PLC_0_1	3X_Bit:51.02(1)				
HMI0	0	Frame0	BL0	PLC_0_1	3X_Bit:51.00(1)				
HMI0	1	Commo...	DW4		LB:9286(1)				
HMI0	1	Commo...	DW3		LB:9126(1)				
HMI0	1	Commo...	DW2		LB:9061(1)				
HMI0	1	Commo...	DW1		LB:9064(1)				
HMI0	3	NUM Ke...	TI8		LW:9190(6)		LW:9190(6)		
HMI0	3	NUM Ke...	TI7		LW:9180(6)		LW:9180(6)		
HMI0	3	NUM Ke...	TI6		LW:9070(6)		LW:9070(6)		
HMI0	4	ASCII Ke...	TD9		LW:9060(16)		LW:9060(16)		
HMI0	4	ASCII Ke...	SB9				LB:9100(1)		
HMI0	4	ASCII Ke...	SB8				LB:9140(1)		
HMI0	4	ASCII Ke...	BL226		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL210		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL201		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL200		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL196		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL199		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL198		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL214		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL197		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	SW17		LB:9140(1)		LB:9140(1)		
HMI0	4	ASCII Ke...	BL227		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL209		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL208		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL207		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL206		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL205		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL204		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL202		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL194		LB:9140(1)				
HMI0	4	ASCII Ke...	BL224		LB:9140(1)				

Variables de entrada de HMI KINCO

HMI	Frame ID	Frame	Part	Read PLC	Read Addr(Wo...	Write PLC	Write Addr(W...	Func Addr 1(W...	Func Addr 2(W...
HMI0	9	Login Wi...	SB2				LB:9165(1)		
HMI0	10	Esquema	SW2	PLC_0_1	3X_Bit:51.01(1)	PLC_0_1	3X_Bit:51.01(1)		
HMI0	10	Esquema	BL10	PLC_0_1	3X_Bit:51.00(1)				
HMI0	10	Esquema	BL6	PLC_0_1	4X_Bit:84.00(1)				
HMI0	10	Esquema	BL9	PLC_0_1	3X_Bit:84.05(1)				
HMI0	10	Esquema	BL8	PLC_0_1	3X_Bit:81.04(1)				
HMI0	10	Esquema	BL7	PLC_0_1	4X_Bit:84.01(1)				
HMI0	10	Esquema	SW7	PLC_0_1	3X_Bit:84.05(1)	PLC_0_1	3X_Bit:84.05(1)		
HMI0	10	Esquema	SW5	PLC_0_1	3X_Bit:1.00(1)	PLC_0_1	3X_Bit:1.00(1)		
HMI0	10	Esquema	BL5	PLC_0_1	3X_Bit:51.05(1)				
HMI0	10	Esquema	BL4	PLC_0_1	3X_Bit:51.04(1)				
HMI0	10	Esquema	BL3	PLC_0_1	3X_Bit:51.03(1)				
HMI0	10	Esquema	BL2	PLC_0_1	3X_Bit:1.00(1)				
HMI0	10	Esquema	SW6	PLC_0_1	3X_Bit:1.00(1)	PLC_0_1	3X_Bit:1.00(1)		
HMI0	10	Esquema	SW4	PLC_0_1	3X_Bit:84.04(1)	PLC_0_1	3X_Bit:84.04(1)		
HMI0	10	Esquema	SW1	PLC_0_1	4X_Bit:84.04(1)	PLC_0_1	4X_Bit:84.04(1)		
HMI0	10	Esquema	SW0	PLC_0_1	4X_Bit:84.02(1)	PLC_0_1	4X_Bit:84.02(1)		
HMI0	10	Esquema	BL1	PLC_0_1	3X_Bit:51.07(1)				
HMI0	10	Esquema	BL0	PLC_0_1	3X_Bit:51.02(1)				
HMI0	11	Graficos	TR1	PLC_0_1	3X:53(1)				
HMI0	11	Graficos	TR0	PLC_0_1	3X:52(1)				
HMI0	12	Manual	NI0	PLC_0_1	3X:41(1)	PLC_0_1	3X:83(1)		
HMI0	12	Manual	SW3	PLC_0_1	4X_Bit:31.00(1)	PLC_0_1	4X_Bit:31.00(1)		
HMI0	12	Manual	SW7	PLC_0_1	4X_Bit:82.03(1)	PLC_0_1	4X_Bit:82.03(1)		
HMI0	12	Manual	SW6	PLC_0_1	4X_Bit:82.04(1)	PLC_0_1	4X_Bit:82.04(1)		
HMI0	12	Manual	SW5	PLC_0_1	4X_Bit:82.05(1)	PLC_0_1	4X_Bit:82.05(1)		
HMI0	12	Manual	SW2	PLC_0_1	4X_Bit:82.00(1)	PLC_0_1	4X_Bit:82.00(1)		
HMI0	12	Manual	SW1	PLC_0_1	4X_Bit:82.02(1)	PLC_0_1	4X_Bit:82.02(1)		
HMI0	12	Manual	BL7	PLC_0_1	3X_Bit:51.07(1)				
HMI0	12	Manual	BL6	PLC_0_1	3X_Bit:51.06(1)				
HMI0	12	Manual	BL5	PLC_0_1	3X_Bit:51.05(1)				
HMI0	12	Manual	BL4	PLC_0_1	3X_Bit:51.04(1)				
HMI0	12	Manual	BL3	PLC_0_1	3X_Bit:51.03(1)				
HMI0	12	Manual	BL2	PLC_0_1	3X_Bit:51.02(1)				
HMI0	12	Manual	BL1	PLC_0_1	3X_Bit:51.01(1)				
HMI0	12	Manual	BL0	PLC_0_1	3X_Bit:51.00(1)				



VALIDACIÓN DE ESPECIALISTAS



Yo, **Saul Vinicio Gancino Ortega**, con C.I 1803232261, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **SISTEMA DE CONTROL CON INTERFAZ HMI PARA EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA TOPO.**

Elaborado por el Ing. **Daniel Leonardo Haro Cuadrado**, con C.I 1600708687, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 01 de septiembre de 2022

Saul Vinicio Gancino Ortega

C.I 1803232261

Registro SENESCYT 7241153575



Yo, **Alvaro Guillermo Cevallos Viscaino**, con C.I **0502957129**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **SISTEMA DE CONTROL CON INTERFAZ HMI PARA EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA TOPO.**

Elaborado por el Ing. **Daniel Leonardo Haro Cuadrado**, con C.I **1600708687**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 01 de septiembre de 2022

Alvaro Guillermo Cevallos Viscaino

C.I 0502957129

Registro SENESCYT 1020-2017-1907318



Yo, **Galo Marcelo Tapia Estrella**, con C.I **0503249153**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **SISTEMA DE CONTROL CON INTERFAZ HMI PARA EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA TOPO.**

Elaborado por el Ing. **Daniel Leonardo Haro Cuadrado**, con C.I **1600708687**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 01 de septiembre de 2022



Galo Marcelo Tapia Estrella

C.I 0503249153

Registro SENESCYT 1020-2021-2403735